

Rapport

Oppdragsgiver: **Meråker kommune**

Oppdrag: **Meråker sentrum
Reguleringsplan**

Emne: **Reguleringsplan
Geoteknisk vurdering**

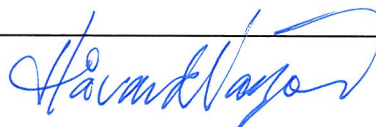
Dato: **6. mai 2010**

Rev. - Dato: **Rev. 1 – 3. mars 2011**

Oppdrag- /
Rapportnr.: **413692 - 2**

Oppdragsleder: **Håvard Narjord**

Sign.:



Saksbehandler: **Roar Skulbørstad/
Håvard Narjord**

Sign.:

Kontaktperson
hos Oppdragsgiver: **Gjermund Gomo**

Sammendrag:

Foreliggende rapport omfatter beregninger og vurderinger av skisserte reguleringslementer for reguleringsplan i Meråker sentrum.

Nordre del av reguleringsområdet ligger i ei kvikkleiresone, og det er derfor utført analyser og vurdering av stabilitetsforholdene i henhold til NVE Retningslinjer 1/2008. ”Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag.”

Analysene har vist at det er behov for stabilitetsforbedende tiltak ved nedplanering av skråningstopper på nordøstre del av området og lokalt i skråning på vestsiden av Stjørdalselva. Disse tiltak må gjennomføres før utbygging i reguleringsområdet kan igangsettes.

I reguleringsbestemmelsene må det inngå krav om geoteknisk dokumentasjon av tiltak i kvikkleireområdet.

Før reguleringsplan sendes til høring forutsettes geoteknisk kontroll av denne.

Revisjon 1 omfatter korreksjoner/presiseringer etter tredjepartskontroll, samt at alle beregninger er revidert etter at nytt detaljert kartgrunnlag for Meråker ble tilgjengelig i desember 2010, samt supplerende undersøkelser utført høsten 2010.

| | | | | | |
|-------------|-------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 03.03.11 | Revidert etter tredjepartskontroll/supplerende gr.u.s. | HAN/ROS | ARV | OAA |
| 0 | 06.05.10 | Utsendt for tredjepartskontroll | HAN/ROS | ARV | OAA |
| Utg. | Dato | Tekst | Utarb.av | Kontr.av | Godkj.av |

Innholdsfortegnelse

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Innledning | 5 |
| 2. | Grunnlag | 6 |
| 3. | Topografi og grunnforhold | 7 |
| 3.1 | Topografi | 7 |
| 3.2 | Grunnforhold | 7 |
| 3.3 | Grunnvann | 8 |
| 4. | Utredning av fare for kvikkleireskred | 9 |
| 4.1 | Generelt | 9 |
| 4.2 | Faregradsevaluering | 9 |
| 4.2.1 | Generelt | 9 |
| 4.2.2 | Utbredelse av kvikkleire | 9 |
| 4.2.3 | Faregrad | 11 |
| 4.3 | Skredtype og maksimal utbredelse av skred | 12 |
| 4.4 | Sikkerhetsprinsipper | 13 |
| 4.4.1 | Geotekniske problemstillinger | 13 |
| 4.4.2 | Geoteknisk prosjektklasse | 13 |
| 4.5 | Materialparametre | 14 |
| 4.5.1 | Tolkning av beregningsparametre | 14 |
| 4.6 | Stabilitet | 19 |
| 4.6.1 | Beregningsverktøy | 19 |
| 4.6.2 | Beregninger | 19 |
| 4.6.3 | Vurdering av stabilitet | 20 |
| 5. | Generelle geotekniske forhold | 22 |
| 5.1 | Gang og sykkelveger | 22 |
| 5.2 | Fundamenteringsforhold | 22 |
| 6. | Kritiske momenter | 23 |
| 7. | Referanser | 24 |

Tegninger

| | |
|------------|--|
| 413692 -0 | Oversiktskart |
| -1, Rev. A | Borplan med profiler |
| -42.6 | CPTU BP.R19, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert på spissmotstandsbasis, N_{kt} |
| -42.7 | CPTU BP.R19, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , SHANSEP-analyse |
| -42.8 | CPTU BP.R19, prekonsolideringsspenning, p_c' |

- 42.9 CPTU BP.R19, overkonsolideringsgrad, OCR
- 43.6 CPTU BP.15, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert på spissmotstandsbasis, N_{kt}
- 43.7 CPTU BP.15, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , SHANSEP-analyse
- 43.8 CPTU BP.15, prekonsolideringsspenning, p_c'
- 43.9 CPTU BP.15, overkonsolideringsgrad, OCR
- 44.6 CPTU BP.103, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert på spissmotstandsbasis, N_{kt}
- 44.7 CPTU BP.103, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , SHANSEP-analyse
- 44.8 CPTU BP.103, prekonsolideringsspenning, p_c'
- 44.9 CPTU BP.103, overkonsolideringsgrad, OCR
- 50 Poretrykksmåling, BP. R12
- 51 Poretrykksmåling, BP. R13
- 52 Poretrykksmåling, BP. R14
- 53 Poretrykksmåling, BP. R17
- 79 Samleplott treaksialforsøk, spenningssti med tolket styrke
- 80 Samleplott treaksialforsøk, arbeidskurve
- 150, Rev. A Profil A-A, tolket lagdeling
- 151, Rev. A Profil B-B, tolket lagdeling
- 152, Rev. A Profil E-E, tolket lagdeling
- 153, Rev. A Profil F-F, tolket lagdeling
- 250 Styrkeprofil, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , BP. R1, R13 og R15
- 251 Styrkeprofil, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , BP. R10 og R11
- 252 Styrkeprofil, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , BP. R12 og R14
- 253 Styrkeprofil, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , BP. R17
- 254 Styrkeprofil, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , BP. R18
- 255 Styrkeprofil, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , BP. 15
- 300, Rev. A Profil A-A, stabilitetsberegning, dagens geometri, ADP -analyse
- 301, Rev. A Profil A-A, stabilitetsberegning, dagens geometri, $a\phi$ -analyse
- 302, Rev. A Profil A-A, stabilitetsberegning, med avlastning av terreng, ADP -analyse
- 303, Rev. A Profil A-A, stabilitetsberegning, med avlastning av terreng, $a\phi$ -analyse
- 304, Rev. A Profil B-B, stabilitetsberegning, dagens geometri, ADP -analyse
- 305, Rev. A Profil B-B, stabilitetsberegning, dagens geometri, $a\phi$ -analyse
- 306, Rev. A Profil B-B, stabilitetsberegning, med avlastning av terreng, ADP -analyse

- 307, Rev. A Profil B-B, stabilitetsberegning, med avlastning av terreng, *ADP*-analyse
- 308, Rev. A Profil E-E, stabilitetsberegning, dagens geometri, *ADP*-analyse
- 309, Rev. A Profil E-E, stabilitetsberegning, dagens geometri, $a\phi$ -analyse
- 310, Rev. A Profil F-F, stabilitetsberegning, dagens geometri, *ADP*-analyse
- 311, Rev. A Profil F-F, stabilitetsberegning, dagens geometri, $a\phi$ -analyse
- 312, Rev. A Profil F-F, stabilitetsberegning, med avlastning av terreng, *ADP*-analyse
- 313, Rev. A Profil F-F, stabilitetsberegning, med avlastning av terreng, $a\phi$ -analyse

1. Innledning

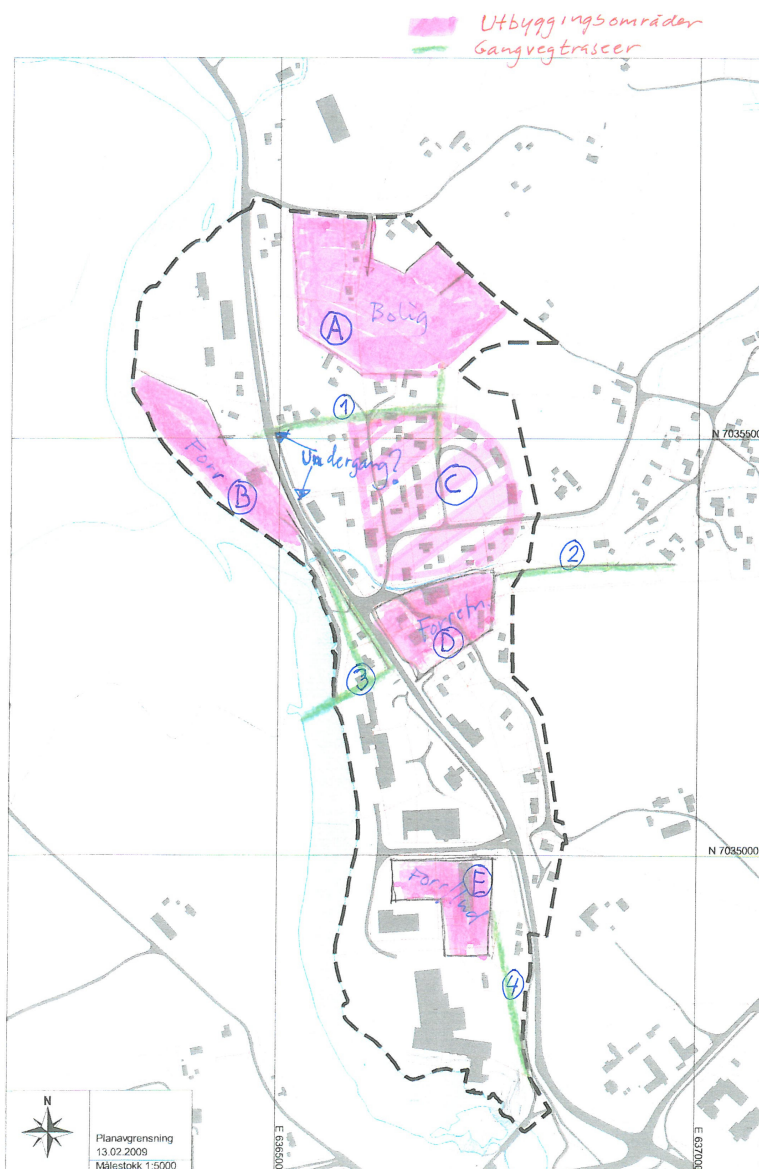
Meråker kommune utarbeider ny reguleringsplan for Meråker sentrum. Multiconsult AS er engasjert for å utrede stabilitetsforholdene i forbindelse med den nye reguleringsplanen.

Da det er påtruffet kvikkleire i deler av området som omfattes av reguleringsplanen må faren for skred utredes iht. NVEs Retningslinjer nr. 1/2008 "Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag" /7/.

Foreliggende rapport presenterer utredning av risiko for kvikkleireskred.

Videre inneholder rapporten generelle geotekniske vurderinger for skisserte elementer i reguleringsplanområdet vist i figur 1.1.

Figur 1-1: Reguleringsområdet



Revisjon 1 omfatter korreksjoner/presiseringer etter tredjepartskontroll, samt at alle beregninger er revidert etter at nytt detaljert kartgrunnlag for Meråker ble tilgjengelig i desember 2010, samt supplerende undersøkelser utført høsten 2010.

2. Grunnlag

Multiconsult AS har utført grunnundersøkelser for reguleringsplanen. Det vises til rapport nr. 413692-1 (2010).

Multiconsult AS har tidligere utført grunnundersøkelser i Meråker sentrum. Tidligere geotekniske grunnundersøkelser i området framgår i hovedsak av følgende rapporter:

| Rapport nr. | Firma | År | Oppdragsgiver | Oppdragsnavn |
|-------------|-----------------|------|-----------------------|--|
| 410986-1 | Multiconsult AS | 2008 | NGI | Kvikkleirekartlegging Meråker |
| 411543-1 | Multiconsult AS | 2006 | NVE Region Midt-Norge | Knippet/Merakernes, Meråker – Kvikkleiresoner |
| 411543-2 | Multiconsult AS | 2007 | NVE Region Midt-Norge | Knippet/Merakernes, Meråker – Kvikkleiresoner – Geotekniske undersøkelser – Forbygningsvurdering |
| 411543-3 | Multiconsult AS | 2008 | NVE Region Midt-Norge | Kvernbekken, Meråker – Kvikkleiresone – Supplerende geoteknisk vurdering – Forbygning |
| 411544-1 | Multiconsult AS | 2006 | NVE Region Midt-Norge | Lauvlia, Meråker – Kvikkleiresone – Geotekniske undersøkelser - Forbygningsvurdering |
| 411544-2 | Multiconsult AS | 2008 | NVE Region Midt-Norge | Lauvlia, Meråker – Kvikkleiresoner – Supplerende grunnundersøkelser – Datarapport |
| 411544-3 | Multiconsult AS | 2008 | NVE Region Midt-Norge | Lauvlia kvikkleiresone – Meråker – Supplerende geotekniske vurderinger – Faregradsvurdering |

Resultater fra disse undersøkelsene er delvis innarbeidet i rapport nr. 413692-1, se tegning nr. 413692-1.

Som høydereferanse i beregninger og på tegninger benyttes NGOs høydesystem.

3. Topografi og grunnforhold

3.1 Topografi

Planområdet er avgrenset av Stjørdalselva i vest, Nustadfoss i sør, mot nord og øst følges i stor grad høydekote +110 som omtrent tilsvarer grense mot dyrka mark. E14 går sentralt gjennom planområdet.

Terrenget stiger i hovedsak fra Stjørdalselva og mot øst. Landskapet er terrassert med relativt flate platåer og bratte skrånninger mellom terrassene.

3.2 Grunnforhold

Løsmassene består av lagdelte marine avsetninger av silt/sand/grus/leire/kvikkleire. Leire- og kvikkleirelagene er også lagdelte med innskutte silt/sandlag. Sonderingsresultatene blir derfor vanskelig å tolke med hensyn på løsmasstype.

Sonderingene indikerer et gjennomgående kvikkleirelag ved ca. kote +85 lengst sør og noe stigende mot nord til ca. kote +92. Mektigheten er typisk ca. 5 m, men kan lokalt være opptil 10 m. Mot nordøst (Knippet) følger kvikkleirelaget sannsynligvis terrenghelninga, og ligger ca 15- 25 m under terrenget. Overdekninga over kvikkleira i reguleringsområdet varierer for øvrig mellom ca. 2 og 17 m i borpunktene. Minst overdekning er det lengst nord på området mellom elva og nedre kant av skråningene nærmest E14. På grunnlag av sonderinger på begge sider av elva, tyder det på at kvikkleira ikke er sammenhengende under elva.

Rutinedata

Vanninnholdet i de lagdelte sand/grus/silt/leir-massene varierer mellom 22 og 41 % og mellom 17 og 32 % for kvikkleira. Tyngdetettheten ligger generelt i området 19,5 – 21,0 kN/m³.

På leira er det målt en udrenert skjærfasthet mellom 30 og 90 kN/m². Omrørt skjærfasthet i leira varierer mellom 1,2 og 20,0 kN/m². Udrenert skjærfasthet i kvikkleira er målt til mellom 18,0 og 54 kN/m². I oppsummeringa av udrenert skjærfasthet er det sett bort fra prøver med synlig prøveforstyrrelse.

Plastisitetsindeksen (I_p) er målt til ca. 10 % i leira og til 3-5 % i kvikkleira.

For nærmere beskrivelse av grunnforholdene vises det til rapport nr. 413692-1, Rev. 1.

Lagdeling

Det er for beregningene valgt å dele løsmassene inn i to lag:

Lag 1: Lagdelt sand/grus/leire

Lag 2: Kvikkleire

Tolket lagdeling er vist på tegning nr. 413692-150, Rev. A t.o.m. -153, Rev. A.

3.3 Grunnvann

Det er satt ned 6 hydrauliske poretrykksmålere. Disse er satt ned ved BP. R12 (2 stk), R13 (1 stk), R14 (2 stk) og R17 (1 stk). Målte poretrykk fram til 6. mars 2010 er vist på tegning nr. 413692-50, -51, -52 og -54. Tabell 3.1 viser målte poretrykk og tilsvarende grunnvannsnivå.

Tabell 3.1 Poretrykksavlesning

| Borpunkt | Kote terreng | Kote piezometerspiss | Løsmasser ved pz-spiss | Høyeste avleste poretrykk [kPa] | Grunnvannsnivå fra poretrykk [kote]* |
|----------|--------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| R12 | +129,3 | +124,3 | Antatt lagdelt sand/grus/leire | 4,5 | +124,8 |
| R12 | +129,3 | +114,3 | Antatt leire | 11,3 | +115,4 |
| R13 | +93,7 | +88,7 | Antatt lagdelt sand/grus/leire | 22,2 | +90,9 |
| R14 | +103,3 | +95,3 | Antatt lagdelt sand/grus/leire | 7,0 | +96,0 |
| R14 | +103,3 | +87,3 | Antatt kvikkleire | 50,7 | +92,4 |
| R17 | +112,8 | +106,8 | Antatt lagdelt sand/grus | Tørr | <+106,8 |

* Hydrostatisk poretrykksfordeling

Grunnvannstanden varierer normalt med årstider og nedbør. Erfaringsmessig kan grunnvannsnivået stå vesentlig høyere i perioder med nedbør og/eller snøsmelting.

Vinteren 2009/2010 har vært meget tørr og kaldere enn normalt. De målte poretrykkene er derfor trolig lavere enn normalt.

Poretrykksmålingene bør videreføres for å dokumentere poretrykksvariasjoner over tid.

4. Utredning av fare for kvikkleireskred

4.1 Generelt

Utredning av skredfaren utføres stegvis iht. følgende punkter:

- **Faregradsevaluering**
Faregradsevaluering omfatter å identifisere fareutsatt areal (utstrekning av faresone) samt å vurdere sannsynlighet for skred.
- **Vurdering av bruddtype og maksimal utbredelse av skred**
Vurdering av skredtype og utløsende skredfaktor (for eksempel initialskred og retrogressivt skred eller flaskskred utløst ved progressiv bruddutvikling i sprøbruddmateriale). Utredninga omfatter videre vurdering av både løseområder og utløpsområder for skredmasser.
- **Stabilitetsanalyser**
Beregning av sikkerheten mot utglidning, både for dagens situasjon og for tiltak/utbygging for de mest sannsynlige/kritiske glideflater.
- **Evt. utredning av stabilitetsforbedrende tiltak**
Utredning av stabiliserende tiltak som eventuelt må gjennomføres i og utenfor planområdet for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet.

4.2 Faregradsevaluering

4.2.1 Generelt

Kvikkleiresona Knippet, sone nr. 1359, ligger ovenfor reguleringsområdet i øst/nordøst. Deler av sona er delvis undersøkt og vurdert tidligere etter daværende retningslinjer for utredning av kvikkleire, ref. Multiconsult rapporter nr. 411543-1, -2 og -3. I nordre del av sona mot Kvernbecken er det foreslått og planlagt sikringsarbeider som omfatter heving av dalbunn, erosjonssikring og utslaking av overflateras, og skråninger brattere enn 1:2. Dette er beskrevet i rapport 411543-3. Sikringsarbeidene medfører en stabilitetsforbedring på i størrelsesorden 5%, som i samråd med NVE er vurdert for å oppnå en "konserverende" effekt, det vil si at stabilitetsforholdene ikke forverres på grunn av erosjon i dalbunn/skråninger.

Vi har i foreliggende vurdering fokusert på den del av sona som kan true planområdet.

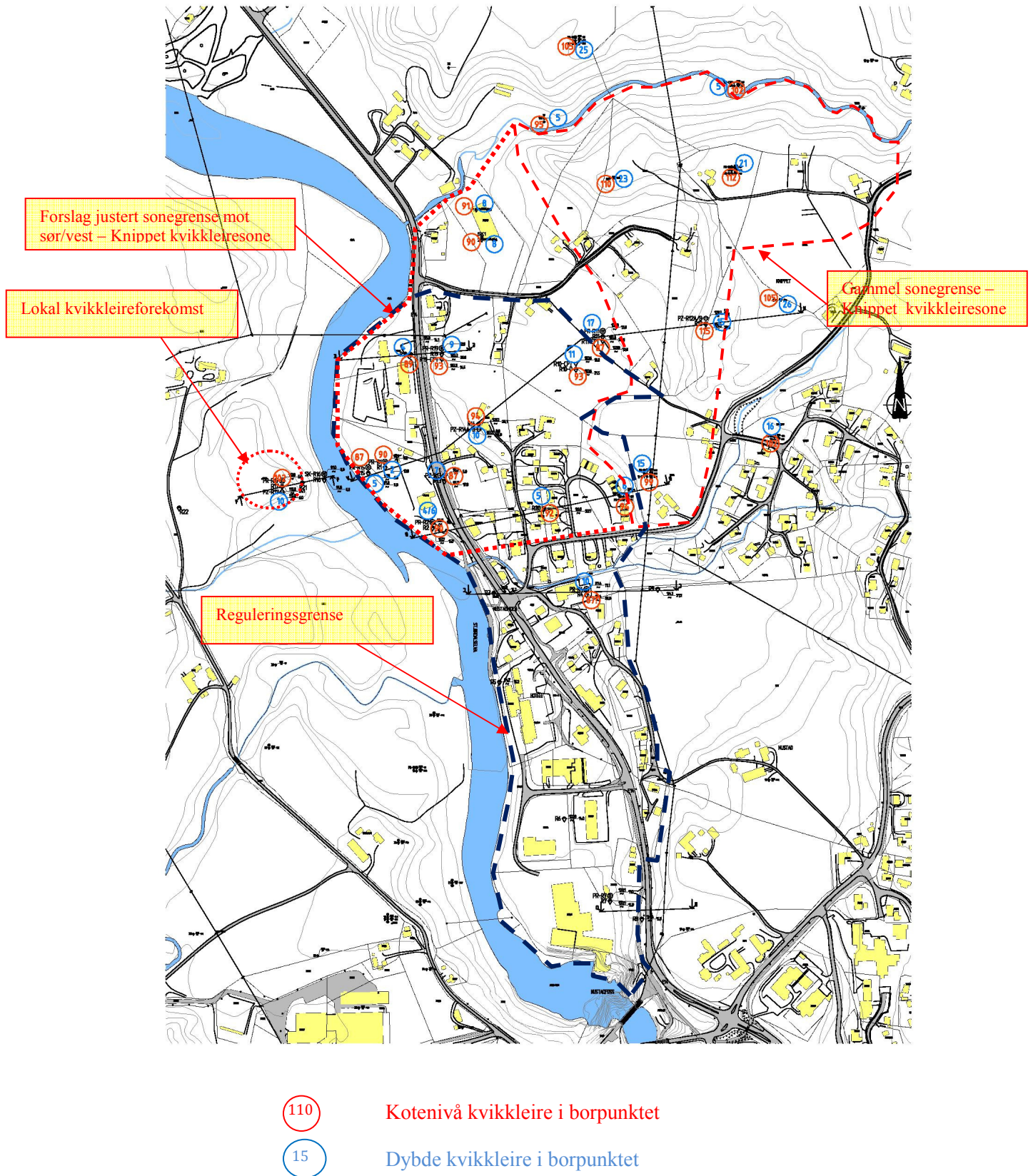
4.2.2 Utbredelse av kvikkleire

Basert på nye utførte grunnundersøkelser og topografiske forhold, er det gjort en ny vurdering av kvikkleiresonas utbredelse mot reguleringsområdet. Sonas utstrekning i søndre del av Knippet kvikkleiresone er skissert på figur 4-1.

Boringer der det er påvist, eller med stor sannsynlighet antatt kvikkleire eller sprøbruddmateriale er påført dybde til kvikkleire (blå farge) og kotenivå kvikkleire (rød farge).

Det er også påvist kvikkleire i en lokal forekomst på vestsiden av Stjørdalselva. Undersøkelser her viser at dette er en lokal forekomst som ikke er forbundet med verken Lauvliasona, som ligger lengre sør (kfr. Multiconsult rapport nr. 411544-3), eller Knippet-sona på østsiden.

Figur 4-1 Kvikkleireutbredelse



4.2.3 Faregrad

Knippet kvikkleiresone er tidligere klassifisert til middels faregrad, i henhold til Faregradskart utarbeidet av NGI 10.10.2006.

Vi har utført faregradsevaluering for den del av sona som berører planområdet.

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".

Evalueringen er utført iht. tabell 4.1 og 4.2 under.

Tabell 4.1 Grunnlag for evaluering av faregrad, hentet fra /12/.

| 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 | |
| Sum poeng | | | 51 | 34 | 16 | 0 |
| % av maksimal poengsum | | | 100 % | 67 % | 33 % | 0 % |

Faregradsklassene er inndelt tre faresoner iht. /12/:

- Faregradklasse lav: Poengverdi fra 0 til 17
- Faregradklasse middels: Poengverdi 18 til 25
- Faregradklasse høy: Poengverdi 26 til 51

Tabell 4.2 Faregradsevaluering for sørvestlige del av faresona, utført iht. /12/.

| Faktorer | Vekttall | Score | Produkt | Merknad/vurdering |
|----------------------|----------|-------|-----------|--|
| Tidl. skredaktivitet | 1 | 2 | 2 | NGU-rapport 2005.004 beskriver løsmassekartlegging og skredforekomster i Meråker. Det er angitt skredgrop på Nustadområdet, som antas å ha sammenheng med elvas tidligere løp. |
| Skråningshøyde | 2 | 3 | 6 | Total høydeforskjell fra Stjørdalselva opp til høyeste nivå ved Knippet er ca 35 m. |
| OCR | 2 | 0 | 0 | Basert på tolking av CPTU-sonderinger og ødometerforsøk vurderes området å være noe overkonsolidert, med σ'_c 100-170 kPa høyere enn dagens effektivspenninger. OCR vurderes å ligge i området 2-3. |
| Poretrykk | 3/-3 | 0 | 0 | Poretrykksmålinger indikerer lavere poretrykk enn hydrostatisk i dybden. Velger å legge inn hydrostatisk poretrykk som en konservativ antagelse. |
| Kvikkleiremektighet | 2 | 2 | 4 | Mektigheten av kvikke/sensitive masser er vurdert å være maks. 15 m, dvs. innenfor H/2 - H/4. |
| Sensitivitet | 1 | 3 | 3 | Sensitiviteten er for enkeltprøver målt til $S_r > 100$ på kvikkleira i planområdet. |
| Erosjon | 3 | 2 | 6 | Det er registrert noe erosjon i bekkeskråninger på området. Elva er delvis erosjonssikret. |
| Inngrep | 3/-3 | 0 | 0 | Det er tidligere utført jordbruksplanering i østre del av området. Da det er vanskelig å dokumentere forbedring, velger vi å være konservative og legge inn score 0. |
| Poengverdi | | | 21 | Gir faregradsklasse "Middels" |

Faregradsevalueringa gir en poengverdi på 21 og medfører faregradsklasse "Middels" som omfatter soner med poengverdi fra 18 til 25 poeng jfr. /12/. Dette vil være styrende for krav til sikkerhetsnivå ved stabilitetsanalyser.

4.3 Skredtype og maksimal utbredelse av skred

Formålet med å vurdere skredtype og utbredelse av skred er å belyse hvilken utstrekning et eventuelt skred utløst i sona kan få, og hvilken følgerisiko for skader på bebyggelse nedstrøms sona et skred kan medføre.

Østsiden av Stjørdalselva

Nordre del av sona går mot Kvernbekken og kvikk/sensitiv leire ligger generelt dypt under skråningen (>20 m) og noe grunnere (~5m) under dalbunnen. Vi vurderer at et skred her vil få begrenset omfang og utbredelse da volum av ikke-sensitiv masser er stort i forhold til kvikkleirevolumet, og raskt vil demme opp for videre skredutvikling. Skredmasser fra ras mot

Kvernbekken vil følge bekken ut mot Stjørdalselva og vurderes ikke å kunne berøre planområdet.

I sørvestre del av sona finner vi at mest sannsynlig skredtype er initialscred/rotasjonsscred i skråningene opp mot Knippet, eventuelt ned mot Stjørdalselva. Dette kan så medføre en bakovergripende (retrogressiv) skredutvikling mot øst. På grunn av den dype beliggenheten av kvikkleira antas imidlertid at skredomfanget mot øst vil bli begrenset.

Skred utløst i denne sona vil ha skredretning mot vest og avstanden til Stjørdalselva er mindre enn 500 m.

Det foreligger lite erfaringsmateriale og beregningsmodeller for å vurdere utbredelse av skred. I NGI publikasjon nr. 158, ref. /8/, er det gitt en sammenstilling av skredvolum, skråningshøyde og utbredelse av skred.

Vi anser det som meget lite sannsynlig at store deler av sona raser ut samtidig, og eventuelle skred antas på grunnlag av topografi og beliggenhet av kvikkleire å medføre skredvolum i størrelse ca 100.000m³ til ca 500.000 m³.

Høydeforskjellen fra dalbunn og opp til høyeste del av Knippetsona er ca 35 m. Med forholdstall på utbredelse av skred og skråningshøyde på minimum 20, vil det si en utløpsdistanse på flere hundre meter, og de fleste tenkelige kvikkleireskred i sona vil derfor nå dalbunnen og så følge elveløpet avhengig av hvor et skred stanser.

Vurderingene viser at det ved et eventuelt skred er risiko for at bebyggelse nedenfor Knippet kan bli oversvømt av skredmasser.

Vestsiden av Stjørdalselva

Et skred på vestsiden av Stjørdalselva vil kunne skje med en bakovergripende skredutvikling etter et initialscred ned mot elva. Kvikkleireforekomsten er imidlertid begrenset og vi vurderer at skredmassene bare vil berøre det nærmeste landområdet på østsiden av elva, men at det kan medføre en midlertidig oppdemming av elva.

Vurderingene i dette kapittelet viser *potensiell* skredfare. Beregning av *reell* skredfare er vist i kapittel 4.6.

4.4 Sikkerhetsprinsipper

4.4.1 Geotekniske problemstillinger

Geotekniske problemstillinger for utbygginga er hovedsakelig relatert til stabiliteten som må ivaretas både i anleggsfasen og i permanent fase.

4.4.2 Geoteknisk prosjektklasse

Grunnundersøkelsene har påvist en sammenhengende kvikkleireforekomst på nordøstre del av området som strekker seg opp mot Knippet. Dette området skal derfor vurderes iht. NVEs ”Retningslinjer for utbygging i fareområder langs vassdrag” med vedlegg 1. Da prosjektet medfører tilflytting av mennesker og kvikkleiresona er klassifisert med ”middels” faregrad blir prosjektet plassert i *Tiltakskategori K3, Tiltak som innebærer tilflytting av mennesker. Viktige samfunnsfunksjoner*. Dette betyr at prosjektet plasseres i geoteknisk prosjektklasse 3, med bl.a. krav om skjerpet kontroll av et uavhengig firma.

Sikkerhetsnivå mot utglidning representeres ved en materialkoeffisient, γ_M . Krav til sikkerhetsnivå er satt til $\gamma_M \geq 1,4$ iht. krav i NVEs retningslinjer. Dersom dette sikkerhetsnivået ikke oppnås, vil det stilles krav om at sikkerheten skal bedres. Sona klassifiseres i faregrad "middels", og det stilles da krav om "vesentlig forbedring" iht. figur 3.1 i vedlegg 1 til NVEs retningslinjer.

4.5 Materialparametre

4.5.1 Tolkning av beregningsparametre

Tolkning av parametre er utført på basis av utførte CPTU-sonderinger og opptatte 54 mm prøveserier. Det er spesielt lagt vekt på spesialforsøkene samt tolkning av skjærstyrke og stivhetsparametere fra CPTU-sonderingene.

Kvalitet av undersøkelser

Prøvetaking av sensitiv eller kvikkleire med 54 mm sylindrerprøver vurderes å ligge i Kvalitetsklasse 1 – 2. Prøve i dybde 12-13m tatt i BP. R19 ligger i Kvalitetsklasse 1, "Akseptabel", mens prøver fra dybde 11-12 m ligger i Kvalitetsklasse 2, "Forstyrret". Vurdering av prøve kvalitet er basert på målt volumtøyning i konsolideringsfasen på treksialforsøk iht. tabell 5.1 i ref. /7/.

Utførte CPTU-sonderinger vurderes generelt å være av god kvalitet og vurderes å ligge i anvendelsesklasse 2 eller 3. Dette skyldes blant annet at det er benyttet en 5 tonns sonde og at helningsavviket er større enn 4° for en av sonderingene. Helningsavviket vurderes å ha liten betydning for tolkning av selve forsøksresultatene, men vil ha noe betydning for nøyaktighet av angitt dybde, spesielt ved store dybder. Poretrykksresponsen ved CPTU-sonderingene vurderes å være god.

Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet på opptatte prøver er benyttet som grunnlag. Ved store variasjoner i målte verdier er gjennomsnittlige verdier benyttet. For materialer som det ikke er målt tyngdetetthet på, er det benyttet erfaringsverdier iht. håndbok 016.

Se tegning nr. 413692-10 t.o.m. -18 i rapport nr. 413692-1, Rev. 1 for geotekniske data.

CPTU og poretrykk

I tolkning av CPTU-sonderingene er poretrykket justert i forhold til målt poretrykk. Da målingene av poretrykk er utført i en tørr periode, er det valgt å være noe konservativ i vurderingene av poretrykk. Følgende poretrykk er lagt til grunn:

- **BP.R10:** Det er ikke målt poretrykk i BP.R10. Da poretrykksmåler i BP.R14 ligger på samme terrasse (omtrent samme kotenivå), er det valgt å legge vekt på disse målingene. Grunnvannsstanden i BP. R14 er målt til 7,3 m under terreng, og mindre enn hydrostatisk med dybden. For BP. R10 er det benyttet hydrostatisk poretrykk fra 6,0 m under terreng.
- **BP.R11:** Samme som for BP.R10.
- **BP.R19:** Samme som for BP.R10.
- **BP.15:** Målt poretrykk tilsvarer en grunnvannstand ca. 15 m under terreng, ref. rapport nr. 411543-1. Poretrykksmålingene i dette borpunktet kun er utført over en kort periode på sommeren. I tolkninga er det benyttet hydrostatisk poretrykk fra 10,0 m under terreng.

- **BP.103:** Målt poretrykk tilsvarer en grunnvannstand ca. 3 m under terreng, ref. rapport nr. 411543-2. Poretrykksmålingene i dette borpunktet kun er utført over en kort periode på sommeren. I tolkninga er det benyttet hydrostatisk poretrykk fra 2,3 m under terreng.

Udrenerte styrkeparametre

s_u fra enaks og konus

Verdier for *s_u* fra rutineundersøkelser på opptatte prøver (enaks og konus) er i våre vurderinger benyttet som verdier for direkte skjærstyrke, *s_{uD}*. Rutineundersøkelsene viser store variasjoner i målt udrenert skjærstyrke og indikerer varierende prøve kvalitet. I plot av *s_{uA}* tolket fra CPTU er *s_{uD}* omregnet til *s_{uA}*.

s_{uA} fra treksialforsøk

Karakteristiske verdier (*s_{uA}*) er tatt ut ved brudd.

s_{uA} fra CPTU-sonderinger

For bestemmelse av udrenert skjærstyrke er CPTU-sonderingene korrelert iht. empirisk baserte tolkningsfaktorer etter Karlsrud m. fl., se ref. /11/ og /13/. For finkornige masser med relativt homogene forhold betraktes tolkning av CPTU på poretrykksbasis normalt som den mest egnede metoden. Da grunnforholdene er lagdelte med friksjons- og kohesjonsmasser i tynne lag er det valgt å legge vekt på korrelasjoner på spissmotstandsbasis.

Det er benyttet forskjellig korrelasjon på leire og kvikkleire/sprøbruddmaterialer (differensiert i forhold til lagdeling/sensitivitet).

Det er ikke tolket udrenert skjærfasthet fra CPTU i BP. R10 og R11 da prøvetaking viser at massene i den sonderede dybden i hovedsak er friksjonsmasser og ikke kohesjonsmasser.

Metode basert på spissmotstand, *q_t*

På spissmotstandsbasis bestemmes *s_{uA}* som:

$$s_{uA} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N} = \frac{q_n}{N}$$

der, *q_t* = korrigert spissmotstand

σ_{v0} = in situ vertikal overlagingstrykk

N = bæreevnefaktor/konfaktor

Verdier for faktoren *N* kan etableres både empirisk og teoretisk. Ved bruk av enkel bæreevneteorien på totalspenningsbasis vil faktoren *N = N_c* variere mellom 6 – 11. Vanligvis bestemmes imidlertid *s_{uA}* ved hjelp av empirisk baserte verdier for *N = N_{kt}*, der resultater fra anisotropiske konsoliderte treksialforsøk på blokkprøver med høy kvalitet er benyttet som referanser.

I dette tilfellet har vi tolket s_{uA} med både med konstant og variabel N_{kt} . Benyttede N_{kt} -faktorer er vist på tegning nr. 413692-42.6, -43.6 og -44.6.

N_{kt} er bestemt ut i fra følgende prosedyrer:

| | Empirisk middelvariasjon i OCR , S_t og I_p |
|--|---|
| Leire ($S_t < 15$) | $N_{kt} = 7,8 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,082 \cdot I_p$ |
| Kvikkleire/sprøbruddmateriale ($S_t > 15$) | $N_{kt} = 8,5 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,0 \cdot I_p$ |

Tegning nr. 413692-42.6, -43.6 og -44.6 viser de tolkede skjærstyrkeprofilene med valgt karakteristisk designverdi.

Det er valgt ikke å redusere "peak" verdien på s_{uA} for uttak av karakteristisk styrke. Designverdiene (kun s_{uA}) er i stedet redusert med 15 % i stabilitetsberegningene for kvikkleire/sprøbruddmateriale iht. NVEs retningslinjer. Reduksjonen er modellert ved at anisotropifaktoren for s_{uA} er redusert med 15 %.

Udrenert skjærstyrke modellert etter SHANSEP-prinsippet

Udrenert skjærstyrke er nært relatert til in-situ effektivspenninger og leiras overkonsolideringsgrad. Udrenert skjærstyrke øker med økning i effektivspenning. Denne økningen er avhengig av overkonsolideringsgraden. Udrenert skjærfashet avhengig av overkonsolideringsgraden kan modelleres etter SHANSEP-prinsippet /5/ og /6/:

$$s_{uA} = \alpha \cdot OCR^m \cdot p_0'$$

der, α = Normalisert styrke av helt ung leire ($OCR = 1,0$)

OCR = Overkonsolideringsgrad = p_c'/p_0'

m = Eksponent som for norske leirer typisk har vist seg å variere mellom ca. 0,6 og 0,9 avhengig av leira og forsøkstype.

p_0' = In situ vertikal effektivspenning

p_c' = Prekonsolideringsspenning

I beregningene er det valgt å bruke:

$$\alpha = 0,30$$

$$m = 0,70$$

Utskrift av beregnet udrenert skjærfashet etter SHANSEP-prinsippet er vist på tegning nr. 413692-42.7, -43.7 og -44.7.

I borpunkt hvor det ikke er utført CPTU er det også beregnet styrkeprofil etter SHANSEP-prinsippet. Det er beregnet styrkeprofil både før og etter terrengtiltak. Styrkeprofilene er vist på tegning nr. 413692-250 t.o.m. -255.

Deformasjonsegenskaper

p_c' og OCR fra CPTU

Prekonsolideringsforhold og grunnens deformasjonsegenskaper er tolket ut i fra CPTU-sonderingene. Data fra CPTU er benyttet til å ekstrapolere dataene fra ødometerforsøk mot dybden. Det er benyttet tolkning fra CPTU både på spissmotstands- og poretrykksbasis.

For spissmotstand er følgende forhold benyttet i tolkningen:

$$OCR = \frac{\sigma_{cq}'}{\sigma_{v0}'}$$

$$\sigma_{cq}' = \frac{q_n}{\alpha \cdot N_{kt}} - a$$

der, α = normalkonsolideringsforhold; $\alpha=0,25$ er benyttet

N_{kt} = spissmotstandsfaktor; $N_{kt} = 10$ er benyttet

OCR fra registrert poretrykk er tolket som:

$$OCR = \frac{\sigma_{cu}'}{\sigma_{v0}'}$$

$$\sigma_{cu}' = \frac{\Delta u}{\alpha \cdot N_{\Delta u}} - a$$

der, α = normalkonsolideringsforhold; $\alpha= 0,25$ er benyttet

$N_{\Delta u}$ = poretrykksfaktor; $N_{\Delta u} = 8$ er benyttet

Tolkning av prekonsolideringsspenning, p_c' , er vist på tegning nr. 413692-42.8, -43.8 og -44.8.

Tegning nr. 413692-42.9, -43.9 og -44.9 viser tolkning av overkonsolideringsgrad (OCR) både på spissmotstands- og poretrykksbasis. Det er valgt å legge vekt på tolkninga på spissmotstandsbasis da løsmassene er lagdelte med kohesjons- og friksjonsmasser og poretrykksresponsen følgelig blir ujevn. Tolkninga på spissmotstandsbasis indikerer at leira er overkonsolidert. Dette stemmer godt overens med topografien i området som er terrassert.

Anisotropi

Dersom det ikke er utført laboratorieundersøkelser for å fastlegge forholdet mellom aktiv, passiv og direkte udrenert skjærstyrke kan dette i henhold til håndbok 016, kapittel 3.4 anslagsvis settes til:

$$s_{uA} = 1,5 \cdot (a_u + p_0') \cdot \tan \theta_u$$

$$s_{uD} = 1,0 \cdot (a_u + p_0') \cdot \tan \theta_u$$

$$s_{uA} = 0,5 \cdot (a_u + p_0') \cdot \tan \theta_u$$

Dette gir følgende anisotropiforhold:

$$\frac{s_{uD}}{s_{uA}} = 0,67$$

$$\frac{s_{uP}}{s_{uA}} = 0,33$$

I valgte styrkeprofiler er det lagt inn verdi for s_{uA} basert på rutinedata og tolket styrke fra treksialforsøk og CPTU.

Effektivspenningsparametre, friksjonsvinkel, ϕ_k

For effektivspenningsparametere på leira og kvikkleira er det tatt ut a - ϕ parametere fra de udrenerte treksialforsøkene. For de andre materialene er det benyttet erfaringsverdier.

Lagdelt sand/grus/leire

Basert på erfaringsverdier vurderes karakteristisk friksjonsvinkel til å være $\phi_k = 31,0^\circ$ ($\tan \phi_k = 0,55$) og attraksjon $a = 0$ kPa.

Kvikkleire

Bruddstyrken er tatt ut ved 1-3 % tøyning. Den store variasjonen i tøyning skyldes at forsøkene viser noe prøveforstyrrelse. Ut i fra treksialforsøkene vurderes karakteristisk friksjonsvinkel til å være $\phi_k = 28,8^\circ$ ($\tan \phi_k = 0,55$) og attraksjon $a = 10$ kPa. Tolket styrke fra treksialforsøkene er vist på tegning nr. 413692-79 og -80.

Valgte styrkeparametere benyttet ved beregningene er angitt i tabell 4.3 under.

Materialparametre

Valgte styrkeparametere benyttet ved beregningene er angitt i tabellen under.

Følgende materialparametre er benyttet:

Tabell 4.3 Materialparametre

| | Tyngdetetthet, γ | Friksjon, $\tan \phi_k$ | Attraksjon, a |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Lagdelt sand/grus/leire | 20,0 kN/m ³ | 0,60 ($\phi_k = 31,0^\circ$) | 0 kPa |
| Kvikkleire | 20,0 kN/m ³ | 0,55 ($\phi_k = 28,8^\circ$) | 10 kPa |

4.6 Stabilitet

4.6.1 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet "GeoSuite Stability" versjon 5.0.4 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetode, og anvender en versjon av lamellmetoden som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet.

Dagens geometri er beregnet ved udrenert totalspenningsanalyse, ADP-analyse, og drenert effektivspenningsanalyse, $\alpha\phi$ -analyse.

Stabiliteten i permanenttilstanden er beregnet udrenert totalspenningsanalyse samt med drenert $\alpha\phi$ -analyse. Plassering av profilene er vist på tegning nr. 413692-1, Rev. A.

Der beregningsmessig sikkerhet er for lav, er det vist tiltak som gir prosentvis forbedring av stabiliteten iht. figur 4.2 NVE's retningslinjer 1/2008.

For beregninger på totalspenningsbasis (ADP-analyser) er det benyttet anisotropisk jordmodell.

4.6.2 Beregninger

Det er utført beregninger for fire utvalgte profiler, A-A, B-B, E-E og F-F.

Disse profilene er antatt å være mest kritiske på bakgrunn av grunnforhold og topografi. Plassering av profilene er vist på borplanen, tegning nr. -1, Rev. A.

I tabell 4.4 er beregnet sikkerhetsfaktor mot utglidning for de forskjellige beregningene oppsummert.

Tabell 4.4 Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate

| Tegning nr. | Beregning | Analyse | Sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate |
|--------------------|---|-----------------------|--|
| 413692-300, Rev. A | Profil A-A, dagens geometri | ADP-analyse | 1,00 |
| 413692-301, Rev. A | Profil A-A, dagens geometri | $\alpha\phi$ -analyse | 1,29 |
| 413692-302, Rev. A | Profil A-A. Skråningstopp senket med 5 m ned til ca. kote +124 i en bredde på ca. 60 m. | ADP-analyse | 1,21 |
| 413692-303, Rev. A | Profil A-A. Skråningstopp senket med 5 m ned til ca. kote +124 i en bredde på ca. 60 m. | $\alpha\phi$ -analyse | 1,58 |
| 413692-304, Rev. A | Profil B-B, dagens geometri | ADP-analyse | 1,19 |
| 413692-305, Rev. A | Profil B-B, dagens geometri | $\alpha\phi$ -analyse | 1,44 |
| 413692-306, Rev. A | Profil B-B. Skråningstopp senket med 1,5 m i en bredde på 20 m. | ADP-analyse | 1,28 |
| 413692-307, Rev. A | Profil B-B. Skråningstopp senket med 1,5 m i en bredde på 20 m. | $\alpha\phi$ -analyse | 1,51 |

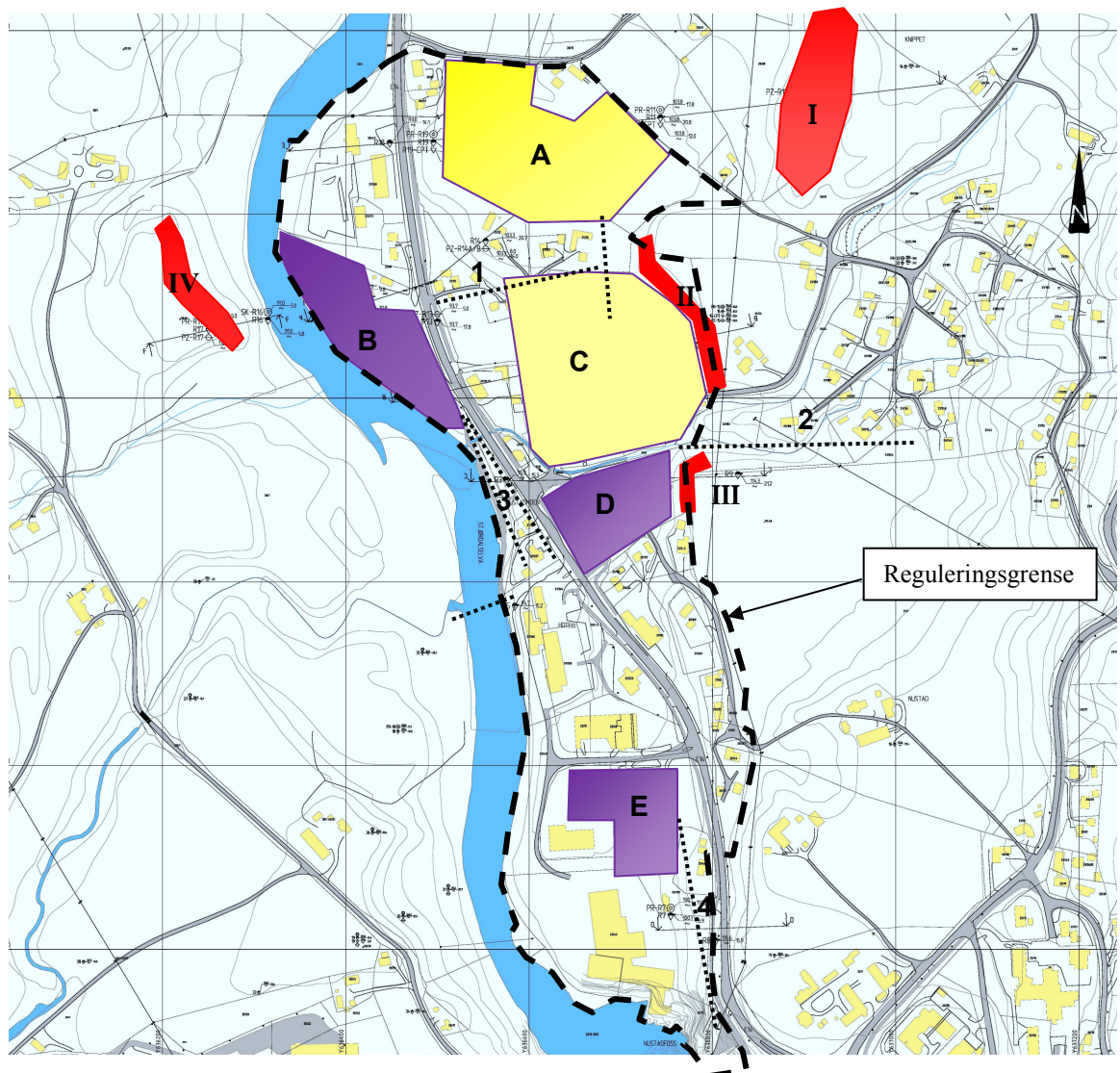
| Tegning nr. | Beregning | Analyse | Sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate |
|-----------------------|---|-------------------|---|
| 413692-308, Rev. A | Profil E-E, dagens geometri | ADP-analyse | 1,54 |
| 413692-309, Rev. A | Profil E-E, dagens geometri | a ϕ -analyse | 1,49 |
| 413692-310, Rev. A | Profil F-F, dagens geometri | ADP-analyse | 1,37 |
| 413692-311, Rev. A | Profil F-F, dagens geometri | a ϕ -analyse | 1,35 |
| 413692-312, Rev. A | Profil F-F. Skråningstopp senket med 3,5 m i en bredde på 15 m. | ADP-analyse | 1,43 |
| 413692-313, Rev. A | Profil F-F. Skråningstopp senket med 3,5 m i en bredde på 15 m. | a ϕ -analyse | 1,41 |

Utskrift av beregninger i "GeoSuite Stability" er vist på tegning nr. 413692-300, Rev. A t.o.m. -313.

4.6.3 Vurdering av stabilitet

Stabilitetsberegninger viser at stabiliteten lokalt i profilene A, B og F er for lav i henhold til /7/, og følgelig må det iverksettes stabiliserende tiltak før en eventuell utbygging. Skisserte tiltak medfører "vesentlig forbedring" i henhold til figur 4.2 i /7/. Aktuelle stabiliserende tiltak er avlastning av skråningstopp, nedslaking av skråninger eller motfylling. Området hvor terrengplanering er nødvendig er vist på kartskissen i figur 4-2 hvor også de enkelte utbyggingstiltakene er vist.

Figur 4-2 Kartskisse med stabiliserende tiltak



Forklaringer:

A-E: Utbyggingstiltak

1-4: Gang/Sykkelvegutbygging

I-IV: Stabiliserende tiltak

Utbyggingsområder

For utbyggingsområdene A, B, C og D må følgende stabilitetsforbedrende tiltak utføres før utbygging:

- I: Nedplanering av skråningstopp ca 4 m i en bredde på 50 m og utsrekning sideveis ca 100 m.
- II: Nedplanering av skråningstopp ca 1,5 m i en bredde på 20 m langs hele skråningen.
- III: Nedplanering som for tiltak II.

IV: Nedplanering av skråningstopp 3,5 m i en bredde på 15 m langs hele skråningen.

Alle tiltak må detaljprosjekteres og dokumentere at kravene i /7/ er oppfylt i hele gjennomføringsfasen.

Et generelt prinsipp for utbygging i områder med kvikkleire i grunnen er at stabilitetsforholdene ikke bør forverres gjennom inngrep. Utbygging som medfører endringer av stabiliteten i negativ retning frarådes. Spesielt må gravedybder, fyllingsnivåer og metoder, mellomlagring av masser og skråningshelninger i anleggsfasen ha stor fokus i områder med kvikkleire.

5. Generelle geotekniske forhold

5.1 Gang og sykkelveger

Det er i reguleringskissen angitt gang- og sykkelveisstrekningslinjer som vi har nummerert 1-4, kfr. figur 4.2.

Vegstrekning 1 inkl. kulvert under E14

Vegtrase i skråninger må dokumentere tilstrekkelig sikkerhet i henhold til /7/. Grunnforsterkningstiltak evt. lette fyllmasser kan bli aktuelt.

Kulvert under E14 vil være krevende anleggsteknisk da den kan komme ned mot kvikkleire. Det kan bli nødvendig med særskilte og kostbare grunnforsterkningstiltak som spunt, dypstabilisering med kalk-sementforsterkning etc.

Vegstrekning 2

Vegtrase ligger i randsona av kvikkleireområdet, og tiltak i skråningen må dokumentere tilstrekkelig sikkerhet i henhold til /7/. Grunnforsterkningstiltak evt. lette fyllmasser kan bli aktuelt.

Vegstrekning 3

Vegtrase ligger delvis innenfor sannsynlig kvikkleireområde og stabilitet av tiltak i skråningen mot elva må dokumentere tilstrekkelig sikkerhet. Mulig bru over Stjørdalselva, kan sannsynligvis etableres uten store tiltak utover erosjonssikring og plastring. Brusted på motsatt side er ikke undersøkt.

Vegstrekning 4

Vegtrase kan sannsynligvis anlegges uten spesielle tiltak utenom vanlige tiltak ved inngrep i skråninger. I skjæringer og fyllinger kan det antas skråningshelning 1:2.

5.2 Fundamenteringsforhold

Område E

På søndre del av området er det gode fundamenteringsforhold, nybygg kan forventes å kunne fundamenteres direkte. Normal geoteknisk prosjektering må utføres i henhold til gjeldende regelverk.

Område A, C, D

Vanlige småhus kan fundamenteres på såler på avrettet grunn. Tyngre bygg og bygg med stor utstrekning må vurderes spesielt ut i fra risiko for differansesetninger.

Grunnen er til dels meget telefarlig. Frostsikring er derfor påkrevd både i byggefasen (dersom vinterbygging) og i permanentfasen dersom det er kalde rom i bygg.

Område B

Fundamentering av nybygg her må vurderes særskilt. Det kan bli nødvendig med begrensninger i gravedybder, mulig behov for grunnforsterkning som for eksempel kalkstabilisering for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet.

6. Kritiske momenter

I reguleringsbestemmelsene må det tas inn bestemmelser om geoteknikk. Følgende forhold må inngå:

Før utbygging på reguleringsområdet skal stabilitetsforbedrende tiltak være utført. Omfanget av tiltakene og utførelse skal detaljprosjekteres av geoteknisk fagkyndig.

For hvert nytt tiltak i området med kvikkleire skal det foreligge bekreftelse på at geoteknisk fagkyndig skal utføre detaljprosjekteringen, og geoteknisk detaljprosjekteringsrapport skal foreligge ved søknad om igangsetting.

For området B, må det i forkant av eventuelle nye tiltak utføres supplerende undersøkelser for nærmere kartlegging av kvikkleiresona. Dersom grunnforholdene er gunstigere enn antatt i denne rapporten og nåværende sikkerhet kan dokumenteres tilfredsstillende i henhold til /7/, kan krav om stabilitetsforbedrende tiltak her utgå.

Det forutsettes geoteknisk kontroll av endelig reguleringsplan før utsendelse på høring.

7. Referanser

| | |
|------|---|
| /1/ | NBR (Standard Norge) (1988) <i>NS3480 Geoteknisk prosjektering</i> |
| /2/ | NBR (1989) <i>Veiledning til NS3480 geoteknisk prosjektering</i> . NBR-publikasjon 296 |
| /3/ | Statens Vegvesen (2009). <i>Håndbok 016 – Geoteknikk i vegbygging</i> |
| /4/ | Norsk Standard (2004) <i>NS 3490 Prosjektering av konstruksjoner. Krav om pålitelighet</i> . |
| /5/ | Karlsruud, K. (2003). <i>Tolkning og fastlegging av jordparametere. Karakteristisk jordprofil</i> . NGF-kurs. Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger, innlegg 4.1. 20-22 mai 2003, Hell. |
| /6/ | Ladd, C.C., and Foott, R. (1974). <i>New design procedure for stability of soft clays</i> . J. of the Geotech. Eng. Div., 100 (GT7), 763-786. |
| /7/ | NVE (2009). <i>Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag</i> . |
| /8/ | Karlsruud, 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. |
| /9/ | CPTU EXTRA. <i>Regneark for avansert tolkning av CPTU</i> . Brukermanual utviklet av Rolf Sandven. Datert 06.10.2009. |
| /10/ | Lunne, T., Robertson, P.K. og Powell, J.J.M. (1997). <i>Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice</i> . Blackie Academic & Professional. |
| /11/ | Karlsruud, K. et al. (2005). <i>CPTU correlations for clays</i> . Proceedings, ICSMGE, Osaka s 693 - 702. |
| /12/ | NGI-rapport 20001008-2 Rev. 3 (2008). <i>Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire</i> . |
| /13/ | Karlsruud K. Lunne T. & Brattlien K. (1996) <i>Improved CPTU correlations based on block samples</i> . Proceedings, NGM 1996, Reykjavik |

Arkivreferanser:

| | | | |
|-------------|------------------------|------------------------|-------------|
| Fagområde: | Geoteknikk | | |
| Stikkord: | Kvikkleire, stabilitet | | |
| Land/Fylke: | Nord-Trøndelag | Kartblad: | 1721 I |
| Kommune: | Meråker | UTM koordinater, Sone: | 32V |
| Sted: | Meråker sentrum | Øst: 6366 | Nord: 70352 |

Distribusjon:

Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)

Intern

Fri

Dokumentkontroll:

| | | Dokument | | Revisjon 1 | | Revisjon 2 | | Revisjon 3 | |
|--|-------------|----------|------|------------|-------|------------|------|------------|------|
| | | Dato | Sign | Dato | Sign | Dato | Sign | Dato | Sign |
| Forutsetninger | Utarbeidet | 06.05.10 | HAN | | | | | | |
| | Kontrollert | 06.05.10 | OAA | | | | | | |
| Grunnlagsdata | Utarbeidet | 06.05.10 | HAN | | | | | | |
| | Kontrollert | 06.05.10 | OAA | | | | | | |
| Teknisk innhold | Utarbeidet | 06.05.10 | HAN | | | | | | |
| | Kontrollert | 06.05.10 | OAA | | | | | | |
| Format | Utarbeidet | 06.05.10 | HAN | | | | | | |
| | Kontrollert | 06.05.10 | OAA | | | | | | |
| Anmerkninger | | | | | | | | | |
| Godkjent for utsendelse (Oppdragsansvarlig) | | | | | Dato: | | | Sign.: | |