

---

RAPPORT

# Ranheim Vestre

---

OPPDRAKSGIVER  
Ranheim Vestre AS

EMNE  
Geoteknisk vurdering for reguleringsplan

DATO / REVISJON: 13. februar 2017 / 01  
DOKUMENTKODE: 416235-RIG-RAP-002

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Ranheim Vestre</b>	DOKUMENTKODE	416235-RIG-RAP-002
EMNE	Geoteknisk vurdering for reguleringsplan	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Ranheim Vestre AS</b>	OPPDRAGSLEDER	Tor-Helge Vehn Antonsen
KONTAKTPERSON	Terje Steen	UTARBEIDET AV	Alberto Montafia
KOORDINATER	SONE: 32V ØST: 576834 NORD: 7033708	ANSVARLIG ENHET	3012 Midt Geoteknikk
GNR./BNR./SNR.	23/1, 24/1 Trondheim		

## SAMMENDRAG

Multiconsult AS er engasjert som geoteknisk rådgiver av Ranheim Eiendomsutvikling AS for å utrede områdestabiliteten i forbindelse med regulering av tomtene 23/1 og 24/1 på Ranheim i Trondheim. På dette området planlegges det nye boliger og nye næringsbygg. Som grunnlag for vurderingene gjelder alt. 1 og 2 i mulighetsstudie fra Per Knudsen Arkitektkontor AS av 10.12.2013, samt nytt forslag til reguleringsplan av dato 22. desember 2016.

Foreliggende rapport inneholder vurdering av stabilitet i området, vurdering av fundamenteringsforhold og mulige fundamenteringsløsninger, samt innledende vurderinger vedrørende gravearbeider.

Planområdet vest for Humlehaugveien vurderes klarert med hensyn til fare for kvikkleireskred. For planområdet øst for Humlehaugveien (boligområde B4) må kvikkleiresone «399 Ranheim» utredes i henhold til NVEs retningslinjer (2/2011), og dokumentere tilstrekkelig sikkerhet. I revidert reguleringsplan er dette området tatt bort, dermed bortfaller krav til utredning av kvikkleiresone 399 «Ranheim».

I videre prosjektering, når laster og nivåer i forhold til valgte løsninger foreligger, forutsettes vurderinger og beregninger vedrørende lokal stabilitet utført.

Fundamenteringsforhold varierer en del fra boligområde til boligområde. Avhengig av topografi, type løsmasser og dybde til berg, vurderes både direkte fundamentering og fundamentering på peler godt egnede metoder for reguleringsområdet.

Generelt kan det etableres byggegroper i åpen skjæring i de fleste boligområdene, samt i forbindelse med oppføring av næringsbygg. Der hvor åpen skjæring ikke er gjennomførbart, vil oppstøtting med for eksempel spunt være en mulig og aktuell løsning.

Rapporten er revidert med områdeinndeling i henhold til revidert forslag til reguleringsplan av dato 22. desember 2016. Jfr. kapittel 6.1.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	8.2.2017	Betegnelsel delområder iht. nyeste reguleringsplan	Alberto Montafia	Tor-Helge Vehn Antonsen	Arne Vik
00	09.04.2014	Geotekniske vurderinger for reguleringsplan - klar for 3. partskontroll	Alberto Montafia	Tor-Helge Vehn Antonsen	Arne Vik

## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>6</b>
1.1	Bakgrunn.....	6
1.2	Kort omtale om prosjekt.....	6
<b>2</b>	<b>Myndighetskrav.....</b>	<b>6</b>
2.1	Kvalitetssikring.....	6
2.2	Standarder og retningslinjer .....	6
<b>3</b>	<b>Grunnlag.....</b>	<b>7</b>
3.1	Grunnundersøkelser .....	7
3.2	Stabilitetsberegninger.....	7
3.3	Geofysiske grunnundersøkelser.....	7
<b>4</b>	<b>Terreng og grunnforhold .....</b>	<b>8</b>
4.1	Topografi.....	8
4.2	Grunnforhold .....	8
4.2.1	Kvikkleiresoner.....	8
4.2.2	Løsmasser og berg .....	10
4.2.3	Grunnvanns- og poretrykksforhold.....	10
<b>5</b>	<b>Stabilitet .....</b>	<b>11</b>
5.1	Generelt .....	11
5.2	Sikkerhetskrav.....	11
5.3	Materialparametere .....	12
5.3.1	Totalspenningsanalyse (ADP-analyse).....	12
5.3.2	Effektivspenningsanalyse ( $\alpha\phi$ -analyse).....	12
5.4	Resultater .....	13
5.4.1	Profil J-J.....	13
5.4.2	Profil K-K .....	14
5.4.3	Profil L-L.....	14
5.4.4	Profil M-M.....	14
5.5	Vurdering av stabiliteten .....	14
5.5.1	Områdestabilitet .....	14
5.5.2	Lokal stabilitet.....	14
<b>6</b>	<b>Øvrige geotekniske forhold.....</b>	<b>15</b>
6.1	Fundamentering .....	15
6.1.1	Næringsbygg .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1.2	Boligområde B1.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1.3	Boligområde B2.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1.4	Boligområde B3a.....	15
6.1.5	Boligområde B3b.....	15
6.1.6	Boligområde B4.....	15
6.2	Gravearbeider.....	16
6.2.1	Etablering av infrastruktur – Vei/VAR .....	16
6.2.2	Etablering av byggegropar .....	16
<b>7</b>	<b>Generelle geotekniske krav.....</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>17</b>

**TEGNINGER**

416235-RIG-TEG	-000	Oversiktskart
	-001	Borplan (fra 416235-RIG-RAP-001)
	-002	Borplan (ny versjon med beregningsprofiler)
	-042.13	S <sub>uA</sub> , SHANSEP-tolkning, profil J-J x=58 m
	-042.14	S <sub>uA</sub> , SHANSEP-tolkning, profil K-K x=75 m
	-042.15	S <sub>uA</sub> , SHANSEP-tolkning, profil K-K x=120 m
	-043.13	S <sub>uA</sub> , SHANSEP-tolkning, profil M-M x=65 m
	-043.14	S <sub>uA</sub> , SHANSEP-tolkning, profil M-M x=136 m
	-043.15	S <sub>uA</sub> , SHANSEP-tolkning, profil M-M x=210 m
	-090.3	Tolkning treaksforsøk, E4 d=7,3 m
	-091.3	Tolkning treaksforsøk, E5 d=6,15 m
	-092.3	Tolkning treaksforsøk, I1 d=6,3 m
	-093.3	Tolkning treaksforsøk, I4 d=6,15 m
	-110	Lagdeling Profil A-A
	-111	Lagdeling Profil B-B
	-112	Lagdeling Profil C-C
	-113	Lagdeling Profil D-D
	-114	Lagdeling Profil E-E
	-115	Lagdeling Profil F-F
	-116	Lagdeling Profil G-G
	-117	Lagdeling Profil H-H
	-118	Lagdeling Profil I-I
	-119	Lagdeling Profil J-J
	-120	Lagdeling Profil K-K
	-121	Lagdeling Profil L-L
	-122	Lagdeling Profil M-M
	-300	Beregningsresultater, ADP-analyse Profil J-J
	-301	Beregningsresultater, ADP-analyse Profil K-K
	-302	Beregningsresultater, ADP-analyse Profil L-L
	-303	Beregningsresultater, ADP-analyse Profil M-M
	-310	Beregningsresultater, a $\phi$ -analyse Profil J-J
	-311	Beregningsresultater, a $\phi$ -analyse Profil K-K
	-312	Beregningsresultater, a $\phi$ -analyse Profil L-L
	-313	Beregningsresultater, a $\phi$ -analyse Profil M-M

## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Multiconsult AS er engasjert som geoteknisk rådgiver av Ranheim Vestre AS for å utrede områdestabiliteten i forbindelse med regulering av tomtene 23/1 og 24/1 på Ranheim i Trondheim. På dette området planlegges det nye boliger og nye næringsbygg.

Foreliggende rapport inneholder vurdering av stabilitet i området, vurdering av fundamenteringsforhold og mulige fundamenteringsløsninger, samt innledende vurderinger vedrørende gravearbeider (etablering av infrastruktur – Vei/VAR, samt etablering av byggegroper).

### 1.2 Kort omtale om prosjekt

Reguleringsplan omfatter utbygging i *fem områder, betegnet BB, BK1, BK2, B/T/N og I/L/N*. I tillegg er det planlagt flere grønne områder. Alternativ 1 og 2 i mulighetsstudier fra Per Knudsen Arkitektkontor av 10.12.2013 ligger til grunn for utførte stabilitetsberegninger. Foreliggende rapport er revidert slik at delområdene får de nyeste betegnelsene, viser til *nytt forslag til reguleringsplan av dato 22. desember 2016*.

Område I/L/F ligger på den sørvestre delen av reguleringsområdet. B/N/T tilsvarer stort sett området hvor per i dag gården Ranheim Vestre ligger. Boligområde BB ligger på den nedre delen av skråningen vest for rundkjøringen ved Reppe og Humlehaugveien, og grenser mot boligområde B05/B07 på Nedre Humlehaugen. BK1 og BK2 ligger på den øvre delen av denne skråningen opp mot Humlehaugveien. B4 ligger like øst for Humlehaugveien *men er ikke lengre med i reguleringsplanen*.

Generelt planlegges det bygg med 3 - 4 etasjer, enkelte med underetasje, på alle boligområdene. Videre viser alternativ 2 av mulighetsstudie (Per Knudsen Arkitektkontor, 10.12.2013) 6 bygg med 7 etasjer på område BK1 og BK2.

## 2 Myndighetskrav

### 2.1 Kvalitetssikring

Oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet er bygget opp med prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for kvalitetsstandard NS-EN ISO 9001:2008 (ref. /1/).

### 2.2 Standarder og retningslinjer

Dette oppdraget er underlagt følgende standarder og retningslinjer:

- Eurokode 0 – «Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner» (ref. /2/)
- Eurokode 7 – «Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler» (ref. /3/)
- NVEs retningslinjer 2/2011 – «Flaum og skredfare i arealplanar» (ref. /4/)

### 3 Grunnlag

#### 3.1 Grunnundersøkelser

Lagdeling og materialparametere er i hovedsak bestemt med bakgrunn i resultatene fra de nye grunnundersøkelsene utført av Multiconsult, som er presentert i datarapport 416235-RIG-RAP-001 (ref. /5/). I tillegg er resultatene fra grunnundersøkelsene fremstilt i følgende rapporter også benyttet:

- Multiconsult AS, rapport 412975-1 «Ranheim skole. Grunnundersøkelser, datarapport» (25. april 2008)
- Multiconsult AS, rapport 412975-3. «Ranheim skole. Vurdering av rasfare. Supplerende grunnundersøkelser. Datarapport» (2008)
- Multiconsult AS, rapport 413356-3 «Utbyggingsområde Nedre Humlehaugen. Grunnundersøkelser, datarapport» (14. september 2010)
- Multiconsult AS, rapport 411000-1. «Humblehaugen. Grunnundersøkelser» (2006)
- Kummeneje, rapport O.5987 nr 4. «E6 Øst. Bromstadvn.-Reppe. Reppeområdet. Datarapport for grunnundersøkelser» (1987).

#### 3.2 Stabilitetsberegninger

Følgende stabilitetsrapporter vurderes relevante i forhold til Ranheim Vestre:

- Multiconsult AS, 415792-RIG-NOT-003 rev. 00 «Nedre Humlehaugen B05/B07, stabilitetsberegning og reetablering av parkeringsplass» (8. oktober 2013)
- Multiconsult AS, rapport 413356-4 «Utbyggingsområde Nedre Humlehaugen. Stabilitet i byggefase. Beregninger, vurderinger og retningslinjer» (27. september 2010)

#### 3.3 Geofysiske grunnundersøkelser

Høsten 2013 utførte APEX Geoservices geofysiske undersøkelser på Ranheim Vestre. Det ble utført både elektriske (ERT) og seismiske målinger (MASW). Disse undersøkelsene er nærmere omtalt i egen rapport fra APEX (ref. /16/). Plassering av ERT-profilene og MASW-punktene er vist på tegning 416235-RIG-TEG-002 i foreliggende rapport.

## 4 Terreng og grunnforhold

### 4.1 Topografi

Planlagt reguleringsområde dekker et areal på ca. 80 daa. Hele området ligger i en skråning vendt mot vest-nordvest. I nordre del av tomta har skråningen en relativt jevn helning på 1:8,5. Nær østre/sørøstre begrensning av reguleringsområde er terrenget brattere mot eksisterende veier. I søndre del av reguleringsområdet har terrenget en gjennomsnittlig helning på 1:9, som avtar mot Peder Myhres veg. Like vest for eksisterende stall ligger en brattere ca. 5 meter høy skråning. Område øst for Humlehaugveien ligger på toppen av en østvendt skråning, med en gjennomsnittlig terrenghelning på ca. 1:20.

### 4.2 Grunnforhold

Grunnforholdene over reguleringsområdet er beskrevet i detalj i egen datarapport (ref. /5/). I foreliggende rapport oppsummeres punktene som er mest relevante for vurdering av områdets stabilitet.

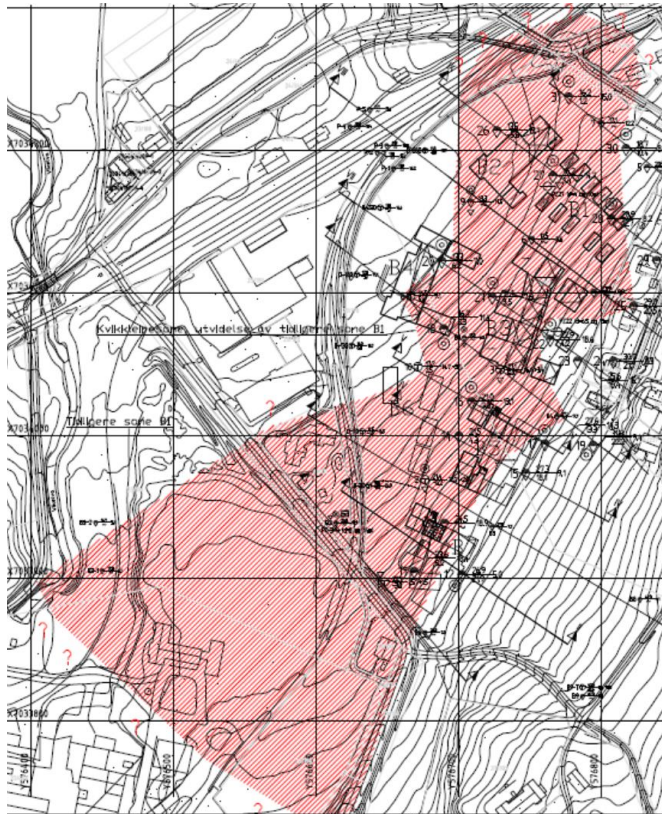
#### 4.2.1 Kvikkleiresoner

Utbyggingsområdet grenser mot 3 kvikkleiresoner som ligger mot nordvest, nordøst og mot sørøst. Østre del av tomter 24/1 og 23/1 grenser mot kvikkleiresone «399 Ranheim», som i NVEs kvikkleirekart er klassifisert med middels faregrad og risikoklasse 3. Nordre/nordvestlige del av tomtene 24/1 og 23/1, grenser mot en kvikkleiresone som ikke er avmerket på NVEs kvikkleiresonekart, men som ble påvist gjennom grunnundersøkelser for utbyggingen av Nedre Humlehaugen (ref. /9/). I den sørøstlige delen av tomtene 24/1 og 23/1, er det tidligere påvist en mindre kvikkleiresone, som heller ikke er avmerket på NVEs kvikkleiresonekart for Trondheim kommune. Denne mindre kvikkleiresona, benevnt som «B2» i rapport 412975-4 (ref. /8/), strekker seg i retning nordøst og inkluderer kryssområdet for E6 og Reppe. Viser for øvrig til figur 4-1, 4-2 og 4-3 nedenfor.

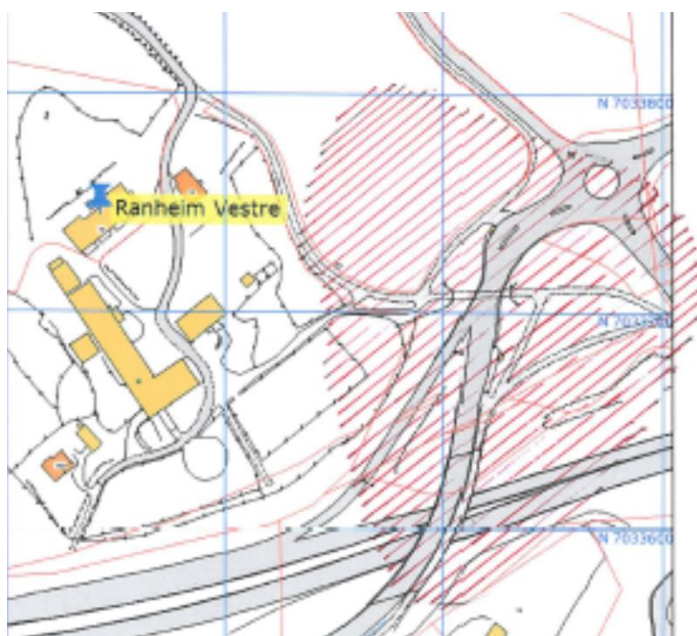


Figur 4-1) Beliggenhet av kvikkleiresone «399 Ranheim» ved planlagt utbyggingsområde (skrednett.no).





Figur 4-2) Beliggenhet av kvikkleiresone som ble påvist gjennom grunnundersøkelser for utbyggingen av Nedre Humlehaugen (ref. /9/).



Figur 4-3) Beliggenhet av mindre kvikkleiresone, benevnt som «B2» i rapport 412975-4 (ref. /8/),

#### **4.2.2 Løsmasser og berg**

Reguleringsområdet kan hovedsakelig deles i tre områder med bakgrunn i kartlagte og tolkede grunnforhold. I nord, mellom Profil F-F og Profil I-I, består grunnen hovedsakelig av tørrskorpeleire over leire. Den sørvestre delen karakteriseres av liten løsmassemekthet og forholdsvis grove jordmasser. Den sørøstre delen karakteriseres av større løsmassemekthet og bløtere leire. På området øst for Humlehaugvegen er det også tørrskorpeleire over leire, slik som den nordlige delen av området vest for Humlehaugvegen (ref. Profil H-H og Profil I-I, tegning 416235-RIG-TEG-107 og -108 i /5/). Sonderingen i borpunkt H5 indikerer at det ca. 12 m under terreng er et ca. 2 m mektig lag med bløtere materiale.

Berghorizonten og terrenget heller i samme retning (mot vest) i vestre del av reguleringsområde. Eksisterende bygg står der hvor berg danner en slags rygg, og det antas at bergflata øst for ryggen heller relativt bratt mot sørøst. I boligfeltet nord for borpunkt I4 er det berg i dagen og det kan tyde på at bergoverflaten under borpunkt I4 ligger grunnere enn under borpunkt H5. Plassering av borpunktene vises på tegning 416235-RIG-TEG-001.

#### **4.2.3 Grunnvanns- og poretrykksforhold**

2 poretrykksmålere ble installert i borpunkt E4 og 2 i borpunkt I1. Se tegning 416235-RIG-TEG-001.

Måling antyder at poretrykksforholdene i borpunkt E4 er høyere enn hydrostatisk (høyt poreovertrykk), mens det i borpunkt I1 er nærmere en hydrostatisk poretrykksfordeling. Grunnvannstand i borpunkt E4 er ut fra poretrykksmålingene beregnet til å ligge ca. 4,5 m «over» terreng, og 0,6 m under terreng i borpunkt I1.

Basert på grunnforholdene antas nedbør å dreneres ut i foten av skråninga, i skille mellom øvre lag av friksjonsmasser og underliggende lag av leire.

## 5 Stabilitet

### 5.1 Generelt

Stabilitetsanalyser omfatter beregninger av stabilitet i beregningsprofiler som vurderes å være kritisk. Stabilitet beregnes både i dagens tilstand og etter ferdig utbygging. Beregningene er basert på både total- og effektivspenningsanalyser (henholdsvis ADP- og  $\alpha\phi$ -analyser). I begge tilfeller benyttes dagens topografi, da det ikke foreligger tegningsgrunnlag som viser topografi etter utbygging.

Laster på grunn fra utbyggingen estimeres ut fra alt. 1 og 2 i mulighetsstudie fra Per Knudsen Arkitektkontor AS av 10.12.2013. Ved kjellere/underetasjer er vekt av utgravd jord trukket fra.

Det er valgt å beregne stabiliteten i 4 profiler, som fremkommer av tegning 416235-RIG-TEG-002.

Beregninger i Profil J-J vurderer stabiliteten på området hvor det ble påtruffet kvikkleire, altså rundt borpunkt E5. Med bakgrunn i de geofysiske undersøkelsene, vurderes det å være stor sannsynlighet for at dreietrykksondering i borpunkt D5 ble avsluttet i et fastere lag over bløtere masser. Borpunkt D5 sin nærhet til borpunkt E5 (jamfør borplan i tegning 416235-RIG-TEG-001) gjør derfor at det antas kvikkleire/sprøbruddsmateriale i dybden i borpunkt D5.

I Profil K-K vurderes stabiliteten av delområde B3b. Det er ikke påvist kvikkleire i borpunktene i nærheten av Profil K-K, men en kvikkleireforekomst er kartlagt like øst for beregningsprofilet, under rundkjøringen.

I Profil L-L beregnes stabiliteten av boligområde B4 vestover, samt stabiliteten av søndre delen av område B3a.

Profilet lengst nord, betegnet M-M, dekker antatt mest kritisk topografi og løsmassemektighet. Her vurderes stabiliteten av boligområde B4 vestover, samt stabiliteten av nordre delen av område B3a.

Lagdeling mellom borpunktene er hovedsakelig tolket ut fra resultatene av de geofysiske undersøkelsene, avstemt i forhold til resultat fra de geotekniske grunnundersøkelsene (spesielt R-CPTu-sonderinger og rutineundersøkelser av sylinderprøver).

### 5.2 Sikkerhetskrav

Eurokode 7 stiller krav om en beregningsmessig partialkoeffisient  $\gamma_m \geq 1,25$  for effektivspenningsanalyser og  $\gamma_m \geq 1,40$  for totalspenningsanalyse.

NVEs retningslinjer stiller krav om en beregningsmessig partialkoeffisient  $\gamma_m \geq 1,40$  for både effektivspenningsanalyser og totalspenningsanalyse i områder med kvikkleire.

### 5.3 Materialparametere

Materialparameterne er i hovedsak hentet og tolket fra resultatene av grunnundersøkelsene utført av Multiconsult i november/desember 2013. Det er i tillegg benyttet data fra andre relevante rapporter, nevnt i kapittel 3.1, samt erfaringsverdier hentet fra SVV HB016 (ref. /17/).

#### 5.3.1 Totalspenningsanalyse (ADP-analyse)

I totalspenningsanalyse er det for materialene betegnet som «leire» og «kvikkleire/sprøbruddsmateriale» benyttet skjærstyrkeprofiler hvor anisotropiforhold, altså forhold mellom aktiv, direkte og passiv skjærstyrke, er ivaretatt (ADP-analyse). Udrenerte styrkeparametere er bestemt med bakgrunn i både felt- og laboratorieundersøkelser. Verdier for  $s_u$  fra enaks- og konusforsøk er i våre vurderinger betraktet som verdier for direkte skjærstyrke  $s_{uD}$ . Verdier hentet fra treaksialforsøk representerer jordens aktive skjærstyrke.

Aktiv skjærstyrkeprofiler er også tolket fra resultater av utførte R-CPTu sonderinger via SHANSEP-metoden. Tolkningene er vist i tegninger 416235-RIG-TEG-042.13, -042.14, -042.15, -043.13, -043.14, -043.15: I alle profilene øker aktivskjærstyrke  $s_{uA}$  med 0,33 kPa for hver 1 kPa økning i effektiv-overlagringsspenning  $p'_0$ . Skjærstyrke på toppen av profilen beregnes ut fra overkonsolideringsgrad OCR.

Designverdiene er redusert med 15 % i de sensitive/kvikke massene, i henhold til NVEs retningslinjer 2/2011 (ref. /4/). Tabell 5-1 oppsummerer anvendte ADP-faktorer i udrenerte materialer:

Tabell 5-1: Oversikt over valgte ADP-faktorer

Material	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$s_{uA}$ -koeffisient	$s_{uD}$ -koeffisient	$s_{uP}$ -koeffisient
Leire	20,0	1,00	0,66	0,33
Kvikkleire	20,0	0,85	0,57	0,28

I dybden i Profil J-J, på ca. 18 m dybde i borhull E5, er det påtruffet sensitiv/kvikk leire med flere tynne lag av fin sand (ref. /13/). Oppførselen av disse massene (drenert eller udrenert) er vanskelig å vurdere. Det er valgt å betrakte dette laget som kvikkleire, men med  $s_{uD}$  og  $s_{uP}$  koeffisienter øket til 0,6 og 0,3 på grunn av lagdelingen med fin sand. Jordarten betegnet som «Leire, fast» i profiler K-K, L-L og M-M har en konstant skjærstyrke lik 70 kPa og forholdene direkte-/aktivskjærstyrke og passiv-/aktivskjærstyrke er lik 1 i begge tilfeller.

#### 5.3.2 Effektivspenningsanalyse ( $\alpha\phi$ -analyse)

Drenert materialparametere er tolket fra resultater av nye og tidligere laboratorieundersøkelser, samt hentet fra erfaringsverdier i Statens vegvesens Håndbok 16 (ref. /17/). Tolkede treaksialforsøk er presentert i tegningene 416235-RIG-TEG-090.3, -091.3, -092.3 og -093.3. Følgende parametere er benyttet i beregningene:

Tabell 5-2: Oppsummering av jordatenes effektivparametere

Material	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	$a$ [kPa]	$c'$ [kPa]	Kilde
Fyllmasser	19,0	9,0	35,0	1,0	0,7	SVV HB016 (/17/)
Kvikkleire	20,0	10,0	24,0	8,0	3,5	413356-3 (/9/)
Leire	20,0	10,0	26,5	10,0	5,0	Treaksialforsøk
Silt	19,0	9,0	31,0	2,0	1,2	SVV HB016 (/17/)
Tørrskorpe	19,0	9,0	30,0	5,0	2,9	SVV HB016 (/17/)
Leire, fast	20,0	10,0	28,0	10,0	5,3	SVV HB016 (/17/)

Antatte kvikkleirmasser som ligger på ca. 18 m dybde mot øst i Profil J-J, beregnes med noe høyere friksjonsvinkel (25,0°) og litt lavere attraksjon (8,0 kPa) enn «vanlig» kvikkleire, på grunn av lagdelingen med finsand.

For å ta høyde for poreovertrykk målt i borpunkt E4 (ref. kap. 4.2.3), reduseres effektivvekt  $\gamma'$  av massene i Profil J-J med 1 kN/m<sup>3</sup> i forhold til verdiene i

Tabell 5-2. Det antas hydrostatisk poretrykksforhold i de øvrige profilene. Laget betegnet som «Leire, tørrskorpig» i profil K-K, vurderes ut fra grunnundersøkelsene å være noe fastere enn omkringliggende leire. I beregningene er det imidlertid valgt å bruke samme materialparametere som «Leire» i

Tabell 5-2.

## 5.4 Resultater

Resultater fra både total- og effektiv-spenningsanalyse er oppsummert i Tabell 5-3. Viser for øvrig til tegninger 416235-RIG-TEG-300 til -303 og -310 til -313.

Tabell 5-3: Oppsummering av resultater

Profil	Tegning nr.	Beregning	Analyse	Kritisk $\gamma_m$	Merknad
J-J	300	Dagens tilstand	ADP	<b>1,50</b>	
		Etter utbygging	ADP	<b>1,57</b>	
	310	Dagens tilstand	aφ	<b>2,39</b>	
		Etter utbygging	aφ	<b>2,49</b>	
K-K	301	Dagens tilstand	ADP	<b>1,39</b>	
		Utbygging direkte fundament	ADP	<b>1,14</b>	
		Utbygging pelefundament til berg	ADP	<b>1,40</b>	Inkluderer også noe oppfylling ved byggene
	311	Dagens tilstand	aφ	2,43	
		Etter utbygging	aφ	2,28	
L-L	302	Dagens tilstand/etter utbygging	ADP	<b>1,46</b>	Vegfylling. Endres ikke ved utbygging
		Etter utbygging	ADP	<b>1,86</b>	
	312	Dagens tilstand/etter utbygging	aφ	<b>1,87</b>	Vegfylling. Endres ikke ved utbygging
		Etter utbygging	aφ	<b>2,45</b>	
M-M	303	Dagens tilstand	ADP	<b>1,90</b>	
		Etter utbygging	ADP	<b>1,61</b>	
	313	Dagens tilstand	aφ	<b>1,81</b>	
		Etter utbygging	aφ	<b>1,88</b>	

### 5.4.1 Profil J-J

Det er tatt med trafikklast fra nedkjøringsrampe til E6 i beregningen. Beregningen viser tilstrekkelig sikkerhet både i dagens situasjon og etter utbygging. Forelagt plassering av ny bebyggelse, vil i tillegg virke stabiliserende, og gir beregningsmessig forbedring av sikkerhetsnivået.

#### 5.4.2 Profil K-K

I dagens situasjon er sikkerhetsnivå på effektivspenningsbasis godt over minimumskravene. På totalspenningsbasis er imidlertid sikkerhetsnivået omtrent som kravet, noe som i prinsippet vil kreve stabilitetsforbedrende tiltak ved utbygging.

Ved utbygging viser beregningene at direkte fundamentering og pålasting på grunnen, medfører at sikkerhetsnivået går langt under minimumskravet ved totalspenningsanalyse. Ved å føre lasta til berg, og samtidig forutsette tilpasset utbygging slik at nedre del bygges ut først, vil sikkerhetsnivået bli tilfredsstillende. På effektivspenningsbasis er sikkerhetsnivået også etter utbygging tilfredsstillende.

#### 5.4.3 Profil L-L

Beregningene viser tilstrekkelig sikkerhet i både øvre og nedre del av skråningen, i dagens tilstand. Minste sikkerhet er beregnet ved eksisterende fylling/veg.

Beregningene viser videre at utbyggingen ikke vil påvirke stabiliteten negativt, verken i nedre eller øvre del av skråningen.

#### 5.4.4 Profil M-M

Beregningene viser tilstrekkelig sikkerhet både for dagens situasjon og for planlagt utbygging.

### 5.5 Vurdering av stabiliteten

#### 5.5.1 Områdestabilitet

Planområdet vest for Humlehaugveien: Ligger ikke innenfor eksisterende faresone. Det er imidlertid påvist lokale kvikkleireforekomster i to av borpunktene på området (E5 og F3). Basert på topografi og bergoverflate, samt lagdeling og stabilitetsberegninger, vurderer vi at den lokale kvikkleireforekomsten ikke medfører fare for kvikkleireskred. Området ligger heller ikke innenfor eventuelle utløpsområder for kvikkleiresoner («399 Ranheim» og «B2», se figur 4-1 og 4-3). Med bakgrunn i disse vurderingene finner vi at planområdet vest for Humlehaugveien kan klareres med hensyn til fare for kvikkleireskred.

Planområdet øst for Humlehaugveien (boligområde B4): Kvikkleiresona «399 Ranheim» (se figur 4-1) er ikke utredet, og det kan ikke utelukkes at et skred nordøst i denne sona kan forplante seg og nå boligområde B4. For å dokumentere tilfredsstillende områdestabilitet i nordøst for boligområde B4, må kvikkleiresone «399 Ranheim» utredes i henhold til NVEs retningslinjer (ref. /4/). Dette er ikke lengre relevant siden området er tatt bort fra nytt forslag til reguleringsplan av dato 22. desember 2016.

#### 5.5.2 Lokal stabilitet

Det er ikke utført analyser for terrengendringer, veger og VA-anlegg. Beregningene som omfatter laster fra nye bygninger, viser imidlertid at sikkerhetsnivået for planlagt utbygging generelt er tilfredsstillende.

I videre detaljprosjektering må lokal stabilitet for de enkelte tiltak dokumenteres.

## 6 Øvrige geotekniske forhold

### 6.1 Fundamentering

Fundamenteringsforhold varierer en del fra boligområde til boligområde. Generelt gjelder at matjord og masser med organisk innhold må masseutskiftes/fjernes. Videre bør delvis fundamentering på berg og delvis fundamentering på løsmasser unngås.

Nedenfor følger tilrådninger vedrørende fundamentering på hvert delområde. Disse tilrådingene og endelige fundamenteringsløsninger må vurderes nærmere i videre detaljprosjektering, når informasjon om nivåer og laster foreligger.

#### 6.1.1 Område I/L/F

På området I/L/F kan det tilrås fundamentering av byggene direkte på grunn. For største delene av dette boligområdet er det inntil ca. 4 - 5 m dybde fra terreng ned til berg. Løsmasser på dette delområdet er generelt fastere og har begrenset setningspotensiale. Der hvor løsmassemekktigheten er minst, kan det være aktuelt med masseutskifting ned til berg. Der løsmassemekktigheten er større, spesielt i den sørlige delen av dette *næringsområdet*, kan bygg enten fundamenteres direkte på grunn eller på peler ned til berg.

#### 6.1.2 Område B/T/N

Nord og nordvest i område B/T/N er det målt liten løsmassemekktighet, inntil 4 til 5 m. Bergoverflaten heller mot sør-sørøst slik at i det sørøstlige hjørnet av dette boligområdet er det opptil 18 m løsmassemekktighet. I tillegg er løsmassene mindre faste og har større setningspotensiale, spesielt mot sørøst. Byggene kan fundamenteres direkte, men for bygg lengst sørøst tilrådes fundamentering på peler til berg på grunn av større potensiale for differansesetning.

#### 6.1.3 Boligområde BB

Dybden ned til berg varierer betydelig over området, fra 2 til 3 m i sør opp til mellom 14 og 15 m i nordvest og i nordøst.

I den sørlige delen av boligområdet vil det være mulig å fundamenteres direkte på utskiftede masser ned til berg. Bygninger som legges vinkelrett på kotene bør terraseres tilpasset terrenget, for å unngå dype skjæringer og stabilitetsutfordringer i byggefase.

I den nordlige delen er løsmassemekktigheten større og løsmassene mindre fast. Dybde til berg øker og varierer mer. Her tilrådes fundamentering på peler ned til berg, også for å redusere risiko for differansesetninger. Løsningen vurderes også å være påkrevd av stabilitetshensyn i området.

#### 6.1.4 Boligområder BK1 og BK2

I disse delområdene øker løsmassemekktigheten fra ca. 5 m i den nordvestre delen til ca. 15 m i den sørøstlige delen. Der hvor løsmassemekktighet er større er løsmassene også mindre faste og mer setningsgivende.

På grunn av løsmassemekktighet og helning av bergoverflate, samt av stabilitets hensyn, tilrådes pelefundamentering for de to sørøstligste byggene i delområde BK2. *For det siste bygget i BK2 (B10) samt byggene i BK1*, vurderes direkte fundamentering å være den mest hensiktsmessige løsningen.

#### 6.1.5 Boligområde B4

*Området øst for Humlehaugveien er ikke lengre med i planen.*

## 6.2 Gravearbeider

### 6.2.1 Etablering av infrastruktur – Vei/VAR

Infrastrukturer som adkomstveier og rørledninger for VA og fjernvarme innenfor reguleringsområde, tilrådes etablert mest mulig vinkelrett i forhold til skråninger. Per i dag foreligger det ikke noe detaljert grunnlag vedrørende ledninger eller interne veier, og etablering av infrastrukturer må derfor vurderes nærmere når informasjon om plassering og høyder foreligger. Generelt anbefaler vi at veg og VA-traseer følger terrenget i størst mulig grad.

### 6.2.2 Etablering av byggegroper

Generelt kan det etableres byggegroper i åpen skjæring i de fleste boligområdene, samt i forbindelse med oppføring av næringsbygg. Dette gjelder for begge alternativer skissert i mulighetsstudie av dato 10.12.13. Dette må imidlertid vurderes nærmere i videre detaljprosjektering når informasjon om nivåer foreligger.

Der hvor åpen skjæring ikke er mulig, vil oppstøtting med for eksempel spunt være aktuelt. Det er identifisert noen enkelte punkter hvor utgraving i åpen skjæring ikke er mulig på grunn av konflikt med eksisterende infrastrukturer. Dette gjelder for byggene på delområde *BK1* nærmere Humlehaugveien, som ligger like ved foten av vegfyllingen.

I tillegg kan etablering av byggegroper i åpen skjæring være utfordrende (hvis ikke umulig) på boligområde *BB*, ved valg av Alternativ 1 i mulighetsstudie. I dette tilfellet innebærer skisserte bygg dype utgravinger på inntil ca. 7 m fra terreng, som i enkelte punkter nesten vil nå ned til berg.

## 7 Generelle geotekniske krav

Videre planlegging og prosjektering må utføres i nært samarbeid med geotekniker. Valg av fundamenteringsmetoder, terrenginngrep og etablering av byggegroper, må detaljprosjekteres. Geotekniske prosjekteringsrapporter må foreligge før søknad om igangsettelsestillatelse.



## 8 Referanser

- /1/ Standard Norge, «Systemer for kvalitetssikring – Krav», Standard Norge, Norsk standard (ISO) NS-EN ISO 9001:2008, desember 2008.
- /2/ Standard Norge, “Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner”, Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1990:2002+NA:2008, april 2002.
- /3/ Standard Norge, “Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver,” Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1997-2:2007/AC:2010+NA:2008, Mar. 2007.
- /4/ (NVE) Norges vassdrags- og energidirektorat, «Flaum- og skredfare i arealplanar», NVE retningslinjer nr. 2-2011, april 2011.
- /5/ Multiconsult AS, rapport 416235-RIG-RAP-001 «Ranheim Vestre. Grunnundersøkelser, datarapport» (10. februar 2014)
- /6/ Multiconsult AS, rapport 412975-1 «Ranheim skole. Grunnundersøkelser, datarapport» (25. april 2008)
- /7/ Multiconsult AS, rapport 412975-3. «Ranheim skole. Vurdering av rasfare. Supplerende grunnundersøkelser. Datarapport» (2008)
- /8/ Multiconsult AS, rapport 412975-4 rev. A «Ranheim skole. Vurdering av rasfare på skoletomta» (2008).
- /9/ Multiconsult AS, rapport 413356-3 «Utbyggingsområde Nedre Humlehaugen. Grunnundersøkelser, datarapport» (14. september 2010)
- /10/ Multiconsult AS, notat 413356-6 «Utbyggingsområde Ranheim Vestre. Orientering om geotekniske forhold» (9. mars 2011)
- /11/ Multiconsult AS, rapport 411000-1. «Humblehaugen. Grunnundersøkelser» (2006)
- /12/ Sweco, Rapport 60800027-1. «Peder Myhres veg, Ranheim. Grunnundersøkelser. Datarapport» (2008).
- /13/ Kummeneje: Rapport O.5987 nr 4. «E6 Øst. Bromstadvn.-Reppe. Reppeområdet. Datarapport for grunnundersøkelser» (1987).
- /14/ Kummeneje: Rapport O.5987 nr 11. «E6 Øst. Bromstadvn.-Reppe. Gravearbeid øst for Messevegen. Supplerende boringer. Datarapport» (1987).
- /15/ Kummeneje: Rapport O.6675 nr 15. «Leangen-Reppe. Fylling for adkomst til Ranheim Fabrikker. Datarapport for grunnundersøkelser. Foreløpig stabilitetsvurdering» (1988).
- /16/ APEX Geoservices Limited, rapport AGL13170\_01, «Report on the Geophysical Survey at Ranheim Vestre for Multiconsult” (27. februar 2014)
- /17/ Statens vegvesen Håndbok 016, Geoteknikk i vegbygging, april 2010