



Statens vegvesen

Rv. 662 Haukabøen

Ingeniørgeologisk rapport. Revisjon 01.
Byggeplan. Nakketunnelen og Haukabøtunnelen.

OPPDRA

Ressursavdelinga

Nr. 2007097211-06



Region midt
Ressursavdelinga
Vegteknisk seksjon: 2008-02-05



Statens vegvesen

Region midt
Ressursavdelinga
Vegteknisk seksjon

Postadr.: Fylkeshuset
6404 Molde
Telefon: (+47) 815 44 040
Telefaks: (+47) 71 27 41 01
www.vegvesen.no

OPPDRAKS RAPPORT

Nr. 2007097211-06

Labsysnr.

Rv. 662 Haukabøen

Ingeniørgeologisk rapport. Revisjon 01.
Byggeplan. Nakketunnelen og Haukabøtunnelen.

Dokumenttype:	Revisjonsnr:	Dato:	SVEIS-referanse:
Ingeniørgeologisk rapport	Revisjon 01	2008-02-05	2007097211/06
Ingeniørgeologisk rapport	Revisjon 00	2008-01-16	2007097211/02

UTM-sone	UTM-koord.	Oppdragsgiver:	Antall sider:
33	N6980940, Ø94055	Statens vegvesen Region midt, v/ Halgeir Brudeseth	20
Kartdatum	NGO-akse	Dato:	Antall vedlegg:
EUREF89		2008-02-05	3
Kommune nr.	Kommune	Utarbeidet av (navn, sign.)	Antall tegninger:
1502	Molde	Tore Humstad	5
Fylke		Seksjonsleder (navn, sign.)	Planfase:
Møre og Romsdal		Per Olav Berg	Byggeplan
Sammendrag			

I forbindelse med prosjektet Rv. 662 Haukabøen, er det utarbeidet ingeniørgeologisk rapport for byggeplan. Rapporten tar for seg ingeniørgeologiske forhold for driving av Nakketunnelen (277 m) og Haukabøtunnelen (850 m).

For Nakketunnelen antas bergmassen i hovedsak å være middels til god, og bergsikringen vil i hovedsak bestå av systematisk bergbolting og fiberarmert sprøytebetong.

Også Haukabøtunnelen antas å være plassert hovedsaklig i middels til god bergmasse der systematisk bolting og sprøytebetong generelt vil være tilstrekkelig for store deler av tunnelen. Imidlertid har en strekning på 150-200 m i den østlige delen av Haukabøtunnelen liten bergoverdekning, og denne strekningen gjennomsettes dessuten av en svakhetssone. Her vil forbolting og armerte sikringsbuer av sprøytebetong være aktuelle sikringsmidler i tillegg til systematisk bolting.

Drivingen av tunnelene vil kreve tett oppfølging av ingeniørgeolog. Kartlegging i tunnelen og enkelte sonderboringer, vil inngå som en del av grunnlaget for fastsetting av framgangsmåte for sprengning og bergsikring.

Dette er revisjon 01 av ingeniørgeologisk rapport for byggeplan. DENNE RAPPORTEN ERSTATTER DERFOR INGENIØRGEOLOGISK RAPPORT 2007097211-02 (rev. 00) DATERT 2008-01-16. Revisjon 01 er en konsekvens av resultater fra supplerende og nytolket refraksjonsseismikk, samt graving av prøvegroper, enkle sonderinger og laboratorietest av svelleleire. Alle disse undersøkelsene ble utført i januar 2008.

Emneord:

ingeniørgeologi, bergteknikk, tunneler, overdekning, svelleleire

Distribusjonsliste	Antall	Distribusjonsliste	Antall
Halgeir Brudeseth, Statens vegvesen	1	Ove Strømme, Statens vegvesen	1
Odd Arild Lindseth, Statens vegvesen	1	Lillian Tødhem, Statens vegvesen	1
Erlend Opstad, Statens vegvesen	1	Torkild Åndal, Statens vegvesen	1
		Per Olav Berg, Statens vegvesen	1

GEOTEKNISK PROSJEKTKLASSE

Vurdering av		Prosjekt klasse
Vanskelig-hetsgrad	Skade-konsekvens	
Lav ☐	Mindre alvorlig ☐	
Middels ☒	Alvorlig ☒	
Høy ☐	Meget alvorlig ☐	2

Skade-konsekvens	Vanskelighetsgrad		
	Lav	Middels	Høy
Mindre alvorlig	1	1	2
Alvorlig	1	2	2
Meget alvorlig	2	2	3

Prosjektklassen er fastsatt av			
	Enhet/Navn	Sign.	Dato
Geoteknisk prosjekterende	Statens vegvesen, Region midt, Vegteknisk seksjon v/ Tore Humstad	Tore Humstad Digitalt signert avTore Humstad DN: CN = Tore Humstad, C = NO, O = Statens vegvesen, OU = Region midt Årsak: Jeg er forfatter av dette dokumentet Dato: 2008.02.05 17:17:11 +01'00'	2008.02.05
Oppdragsgiver	Statens vegvesen, Region midt, Uttbyggingsavd v/ Halgeir Brudeseth		2008.02.05

Kommentarer til valg av geoteknisk prosjektklasse
Geoteknisk vanskelighetsgrad "middels" er valgt ut fra at grunnforholdene delvis er uoverstigelige og vanskelige, og fordi prosjektet er påvirket av grunnforholdene. Metoder for fastleggelse av grunnforhold, slik som ingeniørgeologisk feltkartlegging, fjellkontrollboring, refraksjonsseismikk og laboratorietest av svelleleire er imidlertid godt utviklet. Skadekonsekvens "alvorlig" er valgt ut fra at eventuelle svikt eller brudd vil medføre risiko for skade på mennesker eller betydelige økonomiske eller andre konsekvenser. Størst risiko knyttes til driving av tunnelstrekninger med liten bergoverdekning og dårlig bergmassekvalitet. Særlig aktsomhet bør knyttes til driving av den østlige delen av Haukabøtunnelen.

PROSJEKTKONTROLL

Prosjektkontroll i henhold til NS 3480			
	Enhet/Navn	Sign.	Dato
Gjennomlesning/ Helhetsvurdering	Statens vegvesen, Region midt, Vegteknisk seksjon v/ Tore Humstad	Tore Humstad Digitalt signert avTore Humstad DN: CN = Tore Humstad, C = NO, O = Statens vegvesen, OU = Region midt Dato: 2008.02.05 17:16:09 +01'00'	2008.02.05
Teknisk prosjektkontroll etter prosjektklasse 2	Statens vegvesen, Region midt, Vegteknisk seksjon v/ Lillian Todnem	Lillian Todnem Digitalt signert av Lillian Todnem DN: cn=Lillian Todnem, o=Statens Vegvesen Region Midt, ou=Ressursavdelingen, email=lillian.todnem@vegpost.no, c=NO Dato: 2008.02.05 17:12:44 +01'00'	2008.02.05
Teknisk prosjektkontroll etter prosjektklasse 3			

Geoteknisk prosjektklasse	Kontroll av prosjekteringen
1	<u>Enkel kontroll.</u> Kontrollen utføres av den person som har utført prosjekteringen.
2	<u>Vanlig kontroll.</u> Kontrollen utføres av en annen geoteknisk kyndig person enn den som har utført prosjekteringen.
3	<u>Skjerpet kontroll.</u> I tillegg til vanlig kontroll også kontroll av en person eller organisasjon som er uavhengig av den geotekniske prosjekterende.

INNHOOLDSLISTE

1	Innledning.....	4
2	Utførte undersøkelser	4
3	Geologiske og topografiske forhold (faktadel).....	5
3.1	Berggrunn og oppsprekking.....	5
3.2	Løsmasser	11
3.3	Brønner	11
3.4	Generelt om bergoverdekning.....	11
4	Resultater av utførte grunnundersøkelser (faktadel).....	12
4.1	Totalsonderinger	12
4.2	Prøvegroper og enkle sonderinger	12
4.3	Refraksjonsseismikk	12
4.4	Frisvellingstest av leirmateriale	13
4.5	Samsvar mellom undersøkelsesmetodene.....	14
5	Ingeniørgeologisk vurdering (tolkningsdel).....	15
5.1	Bergmassekvalitet	15
5.2	Svelleleire	17
5.3	Konsekvenser for sprengning og stabilitetssikring	18
5.3.1	Nakketunnelen	18
5.3.2	Haukabøtunnelen	18
5.4	Konsekvenser for vann- og frostsikring.....	19
6	Konklusjon	20
	Rereranser.....	20

VEDLEGG

- A. Utsnitt av topografisk kart fra NVDB web 1:6000
- B. Utsnitt av kart fra NVDB sammenstilt med NGUs vektorkart for berggrunn, 1:6000
- C. Utsnitt av løsmassekart, NGU, www.ngu.no/kart/losmasse

TEGNINGER

Tegning:	Målestokk
V001, rev. A: Ingeniørgeologisk oversiktskart (Statens vegvesen, 2008)	1:1000
V002, rev. A: Ingeniørgeologisk oversiktskart (Statens vegvesen, 2008)	1:1000
V003, rev. A: Ingeniørgeologisk oversiktskart og –profil (Statens vegvesen 2008)	1:1000
282001-1: Seismikk. Plan seismiske profiler P13-P17 (Geomap, 2008)	1:1000
282001-2: Seismikk. Seksjoner P13-17 (Geomap, 2008)	1:500

1 Innledning

Det skal bygges to tunneler på riksveg 662 forbi Haukabøen i Molde kommune. Vegteknisk seksjon ved ressursavdelinga i Statens vegvesen, Region midt, har fått i oppdrag å utarbeide ingeniørgeologisk rapport som en del av tilbudsgrunnlaget. Et ingeniørgeologisk oversiktskart er vist i vedlagte tegninger V001, V002 og V003.

De to tunnelene er:

- Nakketunnelen, 277 m (profil 7178 – 7455)
- Haukabøtunnelen, 850 m (profil 7545 – 8395)

Nakketunnelen skal drives på synk fra øst mot vest, mens Haukabøtunnelen skal drives på stigning fra vest mot øst. Tunnelene skal drives med profil T8,5 (ref. Statens vegvesen s håndbok 021).

Tunneltraseene er i stor grad bestemt ut fra planlagt veglinje i reguleringsplan, mens de utførte undersøkelsene i stor grad er utført i forbindelse med arbeidet med byggeplan. Hovedfokus for feltkartlegging og grunnundersøkelser har derfor vært å gi en tilstrekkelig beskrivelse av den prosjekterte traseen og de rammene som er fastlagt i reguleringsplanen. Størst oppmerksomhet har vært rettet mot deler av traseen der usikkerheten har vært størst. Der bergoverdekningen har vært minst, har dokumentasjon av bergmassekvalitet og bergoverflate vært tillagt størst betydning. Kartleggingen har videre gitt grunnlag for planlegging av supplerende boringer og plassering av seismikkutlegg. Traseen for øvrig er kartlagt mer generelt i form av observasjoner av bergblotninger, sprekkeregistrering og bergmassekarakteristikk.

Rapporten består av fakta- og en tolkningsdel slik kravet er ihht. Vegdirektoratets NA-rundskriv 2007/3. Faktadelen i denne rapporten omhandler relevante geologiske og topografiske forhold fra tilgjengelig bakgrunnsmateriale, gjennomførte grunnundersøkelser og observasjoner i felt (kapittel 3 og 4). De ingeniørgeologiske vurderingene av konsekvensene for sprengning og sikring av tunnelene, er samlet i en tolkningsdel (kapittel 5).

Foreliggende rapport er revisjon 01 av tidligere utsendt ingeniørgeologisk rapport datert 2008-01-16 (ref. 1). Sistnevnte rapport erstattes dermed av foreliggende rapport. Revisjonen er en konesekvens av mangler ved det refraksjonsseismiske grunnlaget som ble brukt i forrige rapport. Den reviderte rapporten inneholder derfor en nytolkning av tidligere utført seismikk og supplerende seismikk. Siden forrige rapporter det også utført supplerende graving av prøvegroper, enkle sonderinger med bærbart utstyr og prøvetaking av svelleire. Resultatene av disse undersøkelsene er også inkludert i denne rapporten.

2 Utførte undersøkelser

De ingeniørgeologiske vurderingene i foreliggende rapport baserer seg i hovedsak på følgende undersøkelser:

- Grunnboringer utført i 2003 og 2007 (ref. 2)
- Refraksjonsseismiske undersøkelser i 2001 (ref. 3)
- Befaringer i 2007 i forbindelse med planlegging av grunnundersøkelser (ref. 4)
- Refraksjonsseismiske undersøkelser i 2007 (ref. 5)
- Refraksjonsseismiske tilleggsundersøkelser i 2008 (ref. 5)
- Ingeniørgeologisk kartlegging av justert trase i 2007 og 2008
- Supplerende sonderboringer i senterlinje ved profil 7645, 7665 og 7670 og enkle sonderinger med bærbart utstyr ved profil 7775 og 7801 (ref. 6)
- Frisvellingstest av prøvetatt svelleleire fra forskjæring i Haukabødalen ved profil 7540 (ref. 7)

For øvrig er geologisk kart (ref. 8) brukt som grunnlagsmateriale sammen med diverse fagpublikasjoner innen bergmasseklassifisering og -sikring (ref. 9, 10 og 11).

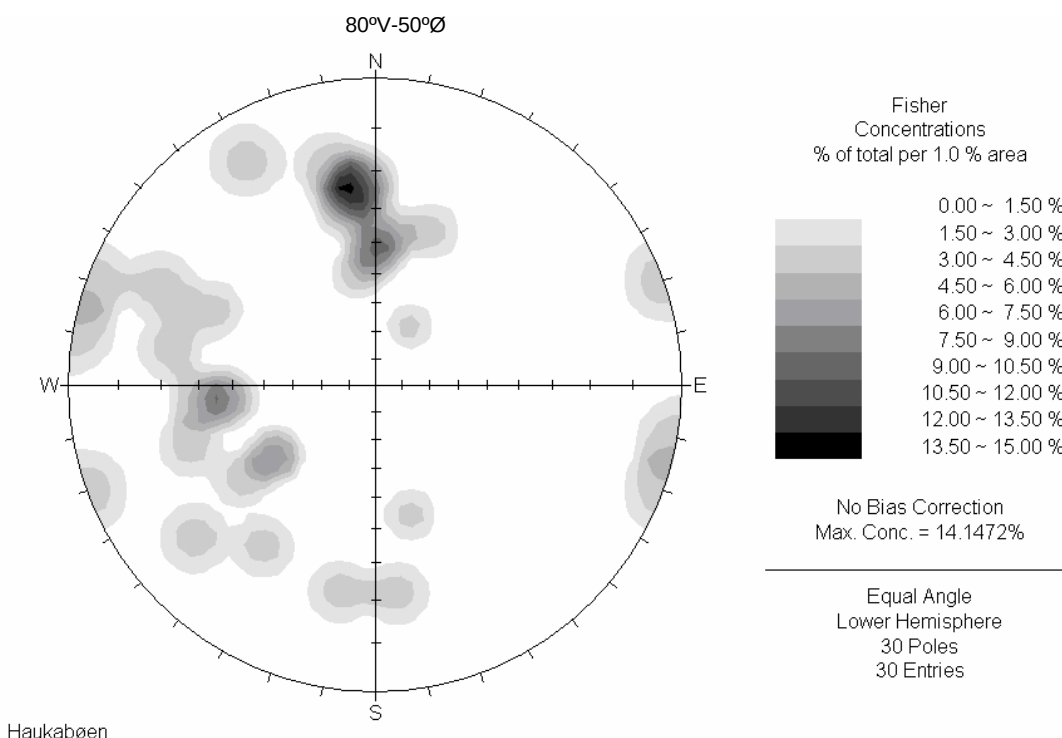
3 Geologiske og topografiske forhold (faktadel)

3.1 Berggrunn og oppsprekking

Berggrunnen i området består av prekambrisk grunnfjell med diorittisk til granittisk gneis og migmatitt. I området finnes også innslag av amfibolitt og glimmerskifer (ref. 8, vedlegg B).

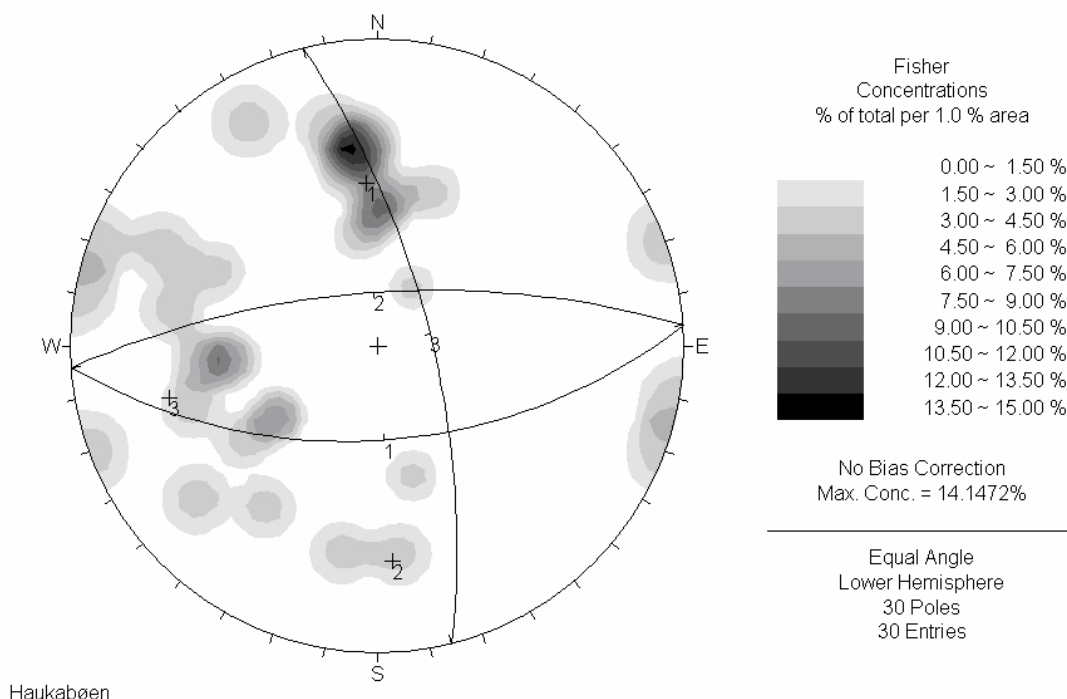
Feltkartleggingen bekrefter at området i all hovedsak består av ovennevnte gneis som stryker rundt Ø-V og faller 50-75° mot sør. Gneisen varierer mellom sterk anisotropi, med tette glimmerlag og tynne feltspatbånd, og en mer isotrop variant med mindre innslag av glimmer. Soner med tette glimmerlag medfører økt skiffrighet, noe som vises i terrenget i form av forsenkinger parallelt med bergartens strøk.

Det er utført strøk- og fallmålinger av sprekkeflater på bergblotninger over de planlagte tunnelene og langs vegskjæringer langs eksisterende Rv. 662. Resultatet av målingene er oppsummert i form av et stereografisk polplott i figur 1.



Figur 1: Polplott for sprekkeregistreringer ved bergplotninger relevante for tunnelprosjektet Rv. 662 Haukabøen. Plottet viser polar projeksjon mot nedre halvkule av sprekkeflatenes poler.

Polplottet er brukt videre for å definere sprekkesystemet. Figur 2 viser en tolkning av sprekkesystemet som består av tre sprekkesett.



Figur 2: Tolkning av polplottet antyder tre sprekkeseett.

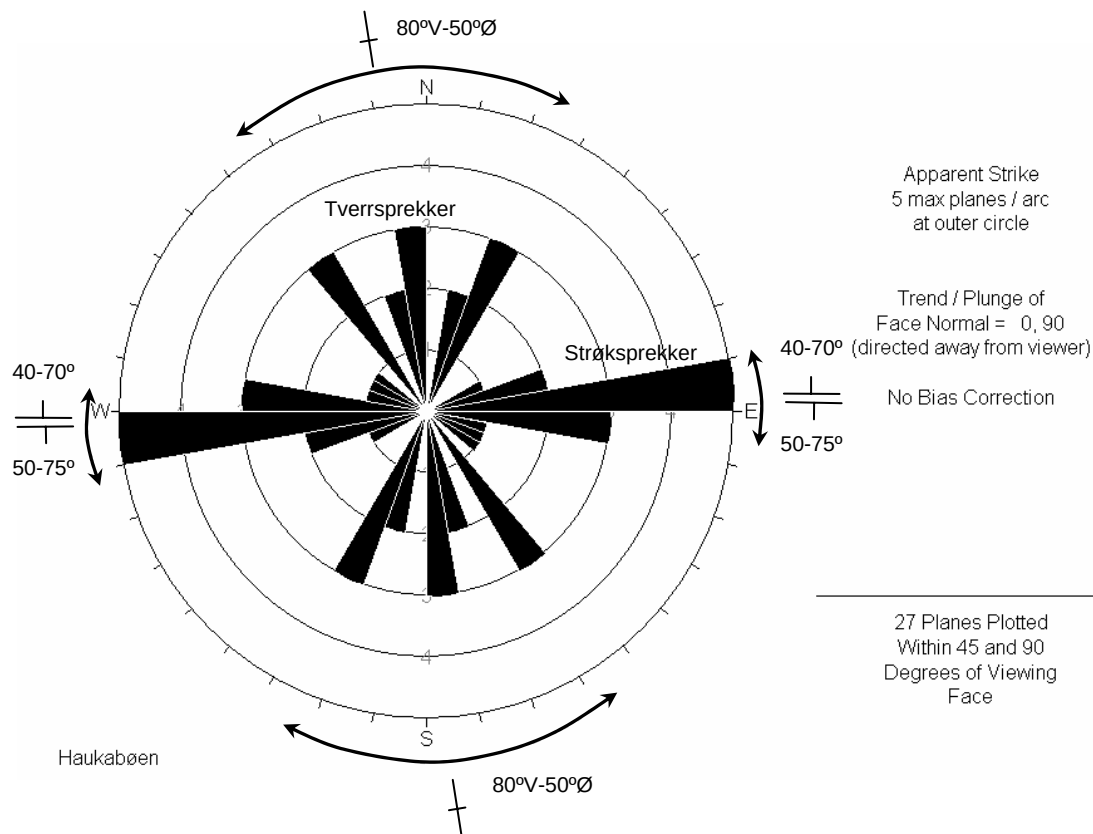
Ut fra tolkningene består sprekkesystemet altså av tre sprekkeseett med følgende strøkretning/fallvinkler.:

- | | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 1) N80-110° / 50-75°S | (parallelt bergartens strøk/fall) |
| 2) N80-110° / 40-70°N | (parallelt bergartens strøk) |
| 3) N335-N25° / 80°V-50°Ø | (på tvers av bergartens strøk) |

Sprekkeseett 1 er parallelt med bergartens foliasjon (både strøk og fall), mens sprekkeseett 2 er parallelt med bergartens strøk og nær vinkelrett på foliasjonens fall. Disse sprekkeseettene utgjør til sammen de såkalte strøksprekkene. Sprekkeseett 3 ligger på tvers av bergartens strøk og omtales derfor som tverrsprekker.

Sprekkeseett 1 er generelt mest fremtredende i det kartlagte området, men dette varierer lokalt. Sprekkeseett 3 har størst variasjon i både strøk og fall, men sprekkeseettene er generelt steile og faller hyppigst mot øst.

Sprekkeregistreingene er oppsummert i form av en sprekkrose i figur 3. Denne er også sammenstilt med geologi, topografi og tunneltraseer i tegningene V001-003.



Figur 3: Sprekkerose for tunnelprosjektet viser at strøket på sprekkeseett 3 varierer mest, mens sprekkeseett 1 og 2 har lite variasjon i strøkretning.

Feltobservasjoner av sprekkeseett 1, 2 og 3 er vist i henholdsvis figur 4, 5 og 6.



Figur 4: Foto tatt mot vest i Djupdalen ved ca profil 7010. Sprekkeseett 1 parallelt bergartens foliasjon dominerer.



Figur 5: Foto tatt mot vest i Djupdalen ved ca profil 7040. Sprekkesett 2 dominerer.



Figur 6: Foto tatt mot nord ved vegskjæring langs eksisterende Rv. 662. Sprekkesett 3 dominerer.

Ut fra observasjoner i felt antydes følgende generelle sprekkeavstander, selv om dette naturligvis vil variere sterkt i tunnelene:

Sprekkesett 1: 0,2-1,0 m

Sprekkesett 2: 0,5-1,5 m

Sprekkesett 3: 0,5-1,5 m

Det er generelt ikke observert leirholdige slepper i bergblotninger i terrenget, men på sprekkeflater i nylig utsprengt bergmasse, er det observert leirmateriale ved forskjæringene ved både profil 7140 og 7540.

Observasjonen i profil 7140 knytter seg til finstoffholdig materiale i en sleppe parallelt med bergartens foliasjon. Dette henger trolig sammen med lokalt stor glimmerkonsentrasjon (figur 7). Observasjonen ved profil 7540 sammenfaller med den regionale forkastningssonen som Haukabøelva renner langs (se vedlegg B), der bergmassen generelt ser ut til å være av en markert dårligere kvalitet enn ellers (figur 8). Det er tatt ut en prøve herfra av et grønlig, rødlig sleppemateriale for videre analyse.



Figur 7: Foto tatt mot vest ved forskjæring som er under utsprengning ved profil ca 7140. Innfelt vises foliasjon parallell sprekkeflate med leirmateriale



Figur 8: Foto tatt mot nord mot ferdig utsprengt forskjæring ved profil ca 7545. Innfelt vises bergmasse som ligger inn mot forkastningssonen ved Haukabølva, hvor det er observert leirholdig sleppemateriale som det er tatt prøve av.

Bergblotningene som er observert under feltkartleggingen, antyder at begge tunnelene i all hovedsak vil gå gjennom gneis av typen som er kartlagt i berggrunnskart for området (vedlegg B). Amfibolitt er kun observert i en forsenkning i terrenget mellom profil. 8210 og 8240. Forsenkningen preges ellers av myrterreng (figur 9), men enkelte bergblotninger i bekk og langs oppstikkende rygger tyder på begrenset myrmektighet.



Figur 9: Forsenkning mellom profil 8215 og 8240 hvor berggrunnen består av amfibolitt.

3.2 Løsmasser

I følge NGUs lømassekart (vedlegg C) er det generelt skrint med løsmasser i området som berører tunneltraseene. I Haukabødalen og østre del av Haukabøen er det kartlagt et tynt morenelag. Øvre marine grense ligger trolig 40-45 moh., og marine avsetninger finnes i nedre del av Haukabødalen og Djupdalen samt ved Baret og Mordalsvågen i vest.

3.3 Brønner

Det finnes i følge NGUs grunnvannskart fem fjellbrønner i Djupdalen. Brønndybden varierer fra 48 til 81 m, og vanninnslaget varierer fra 2 til 50 liter/time pr m brønn. Det skal også være en fjellbrønn ved bnr/gnr 135/9, som i følge grunneier er boret til 90 m dyp, men denne er ikke dokumentert i NGUs database.

3.4 Generelt om bergoverdekning

Både Nakketunnelen og Haukabøtunnelen drives med relativt liten overdekning. Nakketunnelen får maksimalt 55-60 m bergoverdekning, mens det bare er påhuggsområdene, som utgjør 3-4 % av den totale tunnallengden, som får mindre enn 10 m bergoverdekning.

For Haukabøtunnelen derimot, vil inntil 100 m av tunnelen kunne få en bergoverdekning mindre enn 10 m. Dette utgjør 10-12 % av den totale tunnallengden på 850 m. Minst overdekning vil det bli ved profil 7610-7650 (6-8 m). Maksimal bergoverdekning for Haukabøtunnelen er 50-55 m ved profil 8020.

4 Resultater av utførte grunnundersøkelser (faktadel)

Resultatene av grunnundersøkelser utover ren ingeniørgeologisk feltkartlegging (se kapittel 3) presenteres i det følgende:

4.1 Totalsonderinger

Det er utført grunnboringer i januar 2003 (9 totalsonderinger), april 2007 (21 totalsonderinger) og september 2007 (16 totalsonderinger). Sistnevnte boringer ble gjennomført som en supplering av de tidligere boringene etter at valg av endelig tunneltrase ble gjort i august 2007. Det er i hovedsak de to sistnevnte borseriene som er relevante for den aktuelle traseen for Haukabøtunnelen. Det er ikke boret over traseen for Nakketunnelen. Resultatene fra boringene er oppsummert i geoteknisk rapport 2003010993-2 (ref. 2).

Av totalt 46 totalsonderinger som er gjennomført i prosjektet, ligger 10 boringer over senterlinje av prosjektert tunnel. Ytterligere 10 boringer ligger innenfor et avsett på ± 5 m fra senterlinje, mens 4 boringer har et avsett på mellom 5 og 10 m fra senterlinje. I et område med liten overdekning ved profil 7600-7670, ble det som en hovedregel boret med ca 5 m mellomrom langs traseen.

Boringene viser, i følge geoteknisk rapport, minst bergoverdekning for Haukabøtunnelen ved profil 7610-7640, med 6-8 m. Ved profil 7670 er tolkningene usikre. I verste fall er bergoverdekningen her ca 7 m, i beste fall er den inntil 10 m. Ved profil 7625 er det i boringene observert ei sleppe som antas å ligge 9,0 m under terreng, tilsvarende 1,0 m over prosjektert tunnelheng (ref. 2).

Boringene ble avsluttet ved profil 7670. Mellom profil 7680 og 7760 er det observert berg i dagen over senterlinja, noe som gir en bergoverdekning på mellom 11,5 m og 17 m i senterlinja. På grunn av sørvendt helning i terrenget blir bergoverdekningen noe mindre over sørlige vederlag og noe større over nordlige vederlag.

4.2 Prøvegroper og enkle sonderinger

På grunn av enkelte usikkerheter i resultatene fra totalsonderingene, er det utført supplerende grunnundersøkelser for å lokalisere overgangen mellom løsmasser og bergoverflate i utvalgte punkter. Disse punktene ble bestemt ut fra hvor det var liten tetthet mellom borpunktene fra totalsonderingene (profil 7645 og 7665) og samtidig usikkerhet i tolkning av boringene (profil 7670). Videre ble det utført to enkle sonderinger med bærbar boremaskin for verifisering av løsmassemekktigheten slik den ble tolket ut fra seismikkresultatene (profil 7775 og 7801).

Resultatene fra graving av de tre prøvegroperne og fra de to enkle sonderingene er dokumentert i eget notat (ref 6). Resultatene er vist i vedlagte geologiske kart, tegning V001-V003. Resultatene viser at bergoverdekningen er omtrent som antatt i opprinnelig ingeniørgeologisk rapport ($\sim 8,4$ m) for profil 7645. Ved profil 7665-7670 er løsmassemekktigheten mindre en tidligere antatt (total mektighet 0,3-0,7 m), og dermed er også bergoverdekningen noe større en tidligere antatt (ref. 1). Bergoverdekningen ser nå ut til å være 10,6-11,5 m i senterlinja i disse punktene, noe mindre over sørlige vederlag og noe større over nordlige vederlag.

Sonderingene i 7775 og 7801 viser at løsmassemekktigheten er 1,4-2,0 m. Dette gir en bergoverdekning på 15-16 m i disse punktene.

4.3 Refraksjonsseismikk

Det ble utført refraksjonsseismiske undersøkelser i området i desember 2001, september 2007 og januar 2008 (se tegning V001-003). Førstnevnte undersøkelser var basert på et tidligere traseforslag for både Nakketunnelen og Haukabøtunnelen. Denne traseen lå sørvest for den endelig prosjekterte traseen som

er utgangspunktet for denne rapporten. Undersøkelsene i 2007 og 2008 var basert på endelig trase. I området mellom profil 7520 og 7865 ble tre utlegg plassert direkte over tunnelen, og to utlegg ble plassert 20 til siden for tunnelen. Seismikken overlapper boringene som er utført fram til profil 7670, og gir i tillegg supplerende informasjon om grunnforholdene mot vest og sør.

Seismikkundersøkelsene i 2001 ble utført av AS Geophysix. Det ble registrert på det meste en løsmassemektighet på 5-6 m (utlegg P6). Generelt ble det registrert 2-4 m løsmassemektighet langs utleggene. I de samme undersøkelsene ble det registrert seismiske hastigheter mellom 4100 og 5200 m/s i berggrunnen. Det ble registrert to lavhastighetssoner. I P4 ble det registrert en 12 m brei sone med hastighet på 3000 m/s, med indikasjoner på nordlig helning. I P8 ble det registrert en 9 m brei lavhastighetssone med 3800 m/s. Langs alle utleggene ble det registrert en inntil 5 m tykk dagfjellssone med redusert hastighet (3600 – 4000 m/s).

Seismikkundersøkelsene i 2007 bestod av tre utlegg (P13-15) som hver var 115 m lange. Funn av svakhetssoner, og vanskeligheter med å bestemme retningen på disse, gjorde at det ble nødvendig å supplere med to nye seismiske utlegg à 115 m i januar 2008 (P16 og P17). Ved tolkning av resultatene fra disse utleggene, ble det oppdaget mangler ved tidligere tolkning av utleggene P14 og P15. Disse ble derfor tolket på nytt (ref.5). For P17 er det ikke gjort tolkninger av løsmassemektingheten.

Lineamenter i bergmassen for øvrig, der overdekningen og dermed innspenningen over tunnelene er bedre, ble ikke undersøkt spesielt.

Det er i følge vedlagte tegninger 282001/01-02 fra Geomap registrert liten løsmassemektighet langs utleggene P13-16, det vil si typisk 1-3 m. Løsmassene synes ut fra seismiske hastigheter å bestå av noe morene (1900 m/s) og noe sorterte masser (1500 – 1600 m/s). Det er påvist fire lavhastighetssoner i bergmassen under utleggene P14-P17. Seismisk hastighet i sonene er fra 3500 m/s til 3900 m/s, og sonebreddene er 8-10 m.

Utenom sonene er den registrerte seismiske hastigheten i berggrunnen under utleggene P13-17 fra 5100 m/s til 6000 m/s. Det er registrert dagfjell (2800 m/s) med en mektighet på inntil 3 m over tunnelprofil 7730-7760

De totalt 14 seismikkutleggene som er vist på tegning V001-003 utgjør til sammen lengde på 1130 m. Resultatene av målingene langs utleggene fordeler seg slik:

- | | |
|--|--------------|
| • Svakhetssoner (< 4000 m/s): | 5 % (57 m) |
| • Middels bergmassekvalitet (4000-4999 m/s): | 18 % (208 m) |
| • God bergmassekvalitet ($\geq$ 5000 m/s): | 77 % (865 m) |

Klassifiseringen ovenfor er gjort i henhold til Norsk Bergmekanikkgruppes håndbok 2 (ref 9). For Haukabøtunnelen er det utført refraksjonsseismikk rett over tunneltraseen fra påhugget ved 7545 og fram til profil 7865. Dette utgjør 38 % av den totale tunnellengden. Øvrige deler av tunnelen mot vest er ikke undersøkt med seismikk.

For Nakketunnelen er det ikke utført egne refraksjonsseismiske undersøkelser over den prosjekterte traseen, men utleggene fra 2001 ligger 70-150 m vest for den aktuelle traseen og dekker den samme fjellryggen. Plasseringen av disse utleggene dekker både oppstikkende berg og løsmassefylte søkk i terrenget og antas kvalitetsmessig å dekke samme type bergmasse som en forventer å finne over Nakketunnelen.

4.4 Frisvellingstest av leirmateriale

Under feltkartleggingen ble det oppdaget leire i en knusningssone i bergmassen nord for Haukabøelva mellom profil 7520 og profil 7540. Påhugget for Haukabøtunnelen er plassert i profil 7545. Lokaliteten ved påhugget er vist i figur 8.

Leirprøven bestod av både grønlige og rødlige leirmaterialer. Prøven ble sendt til sentrallaboratoriet til Statens vegvesen Region øst. Prøven ble analysert for fri svelling i henhold til beskrivelse av analysemetode i punkt 14.418 i Statens vegvesens håndbok 014.

Det ble tatt to analyser av fri svelling (FS) fra den samme prøven. Resultatene forelå 22.1.2008. Gjennomsnittlig resultat ble FS=155 %. Dette medfører i følge håndbok 014 at leiren kan klassifiseres som *meget aktiv* leire.

Prøvetaking og testmetode er ytterligere dokumentert i eget notat (ref. 7).

4.5 Samsvar mellom undersøkelsesmetodene

Resultatene av de ulike grunnundersøkelsene viser generelt godt samsvar der det både er utført borer og seismikk. Et unntak er en strekning på 30 m mellom profil 7570 og 7600 hvor interpolerte grunnboredata og observasjoner av berg i dagen indikerer inntil 12 m bergoverdekning, mens refraksjonsseismikken indikerer 8 m. Avviket skyldes trolig begrenset nøyaktighet ved identifisering av løsmassemekthet ut fra seismikk, samt det faktum at et vedskjul har begrenset tilkomsten for både borer og seismikkutstyr i dette området slik at begge undersøkelsesformene har blitt vanskeliggjort.

5 Ingeniørgeologisk vurdering (tolkningsdel)

5.1 Bergmassekvalitet

Bergmasse med hovedsakelig diorittisk/granittisk gneis vil erfaringsmessig generelt gi en kompetent bergmasse. Der gneisen er migmatisk, eller markert lagdelt på grunn av tette glimmerlag, vil imidlertid åpne og til dels plane slepper/sprekker forekomme. Begge tunnelene er orientert nær parallelt med hovedsprekkeretningen. Ut fra sammenstilling mellom tunnelakse og sprekkerose i tegning V001-003, antas sprekkretningen å være minst gunstig i området med lav overdekning. Dette gjelder særlig for østre del av Haukabøtunnelen. Mest gunstig er sprekkretningen ved vestre del av Haukabøtunnelen der tunnelaksen skjærer mellom strøk- og tverrsprekkene.

Sprekkesett 1 har generelt plane og ru, veldefinerte og glimmerholdige bruddflater, som må tas hensyn til ved stabilitetssikring og forbolting i tunnelen. Det er også vesentlig at disse bruddflatene tas hensyn til ved utforming av vegskjæringer som ligger nær parallelt med strøket. Dette er gjort ved skjæringen langs veg i dagen i Djupdalen (figur 10). Skjæringer som utformes parallelt med disse sprekkene gir muligheter for å oppnå en slett kontur med beskjedent behov for bergsikring.



Figur 10: De foliasjonsparallelle bergsprekkene (sprekkesett 1) er generelt plane, ru, veldefinerte og glimmerholdige.

Over den østlige delen av Haukabøtunnelen er det på de seismiske utleggene registrert fire lavhastighetssoner. På vedlagte tegninger V001-003 er disse lavhastighetssonene tolket som to geologiske svakhetssoner som skjærer utleggene.

Den ene svakhetssonen ser ut til å være 8 m bred, stryke VSV-ØNØ og skjære Haukabøtunnelen med spiss vinkel mellom profil 7650 og 7670. Den andre ser ut til å være 10 m bred, stryke VNV-ØSØ og skjære Haukabøtunnelen med spiss vinkel mellom 7840 og 7860. På grunn av få indikasjoner på svakhetssoner i terrenget, er denne tolkningen nokså usikker. En kan derfor ikke utelukke at sonene har andre retninger en angitt her.

Bergmasseklassifisering kan gjøres på bakgrunn av seismiske hastigheter (ref. 9). Dersom en fordeler de seismiske utleggene (omtalt i avsnitt 4.3) etter lokalisering og nærhet til de ulike tunnelene, kan en si at utleggene P01-06 (til sammen 330 m) er mest relevante for bergmassen over Nakketunnelen, mens utleggene P07, P08, P13-17 og P77 (til sammen 800 m) er mest relevante for den østlige delen av Haukabøtunnelen.

Utlegg P1-P6 (vest for Nakketunnelen):

- | | |
|--|--------------|
| • Svakhetssoner (< 4000 m/s): | 4 % (12 m) |
| • Middels bergmassekvalitet (4000-4999 m/s): | 63 % (208 m) |
| • God bergmassekvalitet (≥ 5000 m/s): | 33 % (110 m) |

Utlegg P7-8, P13-15 og P77 (over og ved østlig del av Haukabøtunnelen):

- | | |
|--|--------------|
| • Svakhetssoner (< 4000 m/s): | 6 % (45 m) |
| • Middels bergmassekvalitet (4000-4999 m/s): | 0 % (0 m) |
| • God bergmassekvalitet (≥ 5000 m/s): | 94 % (755 m) |

Når resultatene er fordelt på denne måten, framkommer det at andelen svakhetssoner er omtrent lik for de to tunnelene (4-6 %). Bergmassen er generelt noe bedre for Haukabøtunnelen enn for Nakketunnelen dersom en ser bort fra eventuelle stabilitetsproblemer knyttet til områder med svakhetssoner og liten bergoverdekning.

Ut fra seismikkresultatene og ovennevnte observasjoner av oppsprekking, antas bergmassekvaliteten generelt å være middels i Nakketunnelen og god i Haukabøtunnelen. Den østlige delen av Haukabøtunnelen (profil 7545-7680) vil imidlertid ha liten overdekning (6-12 m) og dessuten ugunstig orientering i forhold til hovedsprekkesretningen. Siden dette området også skjæres av en svakhetsone, kan en forvente at den tyngste sikringen må inn nettopp her.

I området 7680-7840 er bergoverdekningen i senterlinja 12-20 m. Terrenget heller mot sør i området mellom 7680-7760. Bergoverdekningen vil derfor være noe mindre over sørlige vederlag.

Den vestlige svakhetssonen, som antas å skjære tunnelen i området mellom 7840 og 7860, ligger i et område der tunnelen antas å ha om lag 20 m overdekning.

Generell bergmassekvalitet kan også vurderes ved hjelp av Q-metoden (ref. 10). Denne metoden benytter seg av seks ulike parametere som beskriver oppsprekingsgrad (RQD), antall sprekkesett (J_n), sprekkeflateegenskaper (J_r), sprekkemateriale (J_a), vanninntregning (J_w) og bergspenninger (SRF). En generell vurdering av bergmassen kan gi resultater som i likningen nedenfor:

$$Q_{\min-maks} = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF} = \frac{50-100}{9-4} \cdot \frac{1,5-2,0}{4-1} \cdot \frac{0,66-1,0}{2,5-1} = 0,6-50$$

Et spenn i Q-verdier fra 0,6-50 tilsvarer ”svært dårlig” til ”svært god” bergmassekvalitet ihht Q-systemet (ref. 6). Ut fra parameterne i likningen over, kan en forvente dårligst bergmassekvalitet der svakhetssoner skjærer tunnelaksen og der liten bergoverdekning forårsaker dagfjellspåvirkning og liten innspenning. På samme måte vil bergmassen ha høyest kvalitet der det er størst bergoverdekning og samtidig fravær av svakhetssoner.

Det understrekes at endelig bergmasseklassifiseringen må gjøres ut fra registreringer under driving av tunnelen. Ut fra kartlegging i dagen samt kjennskap til bergoverdekning, svakhetssoner og bergartsgrenser kan en imidlertid anta følgende fordeling som sannsynlig:

Nakketunnelen:

- 7178-7230 (God bergmasse, men liten overdekning): Q = 1-10: (dårlig til middels)
- 7230-7420 (God bergmasse, og god overdekning): Q = 10-40 (middels til god)
- 7420-7455 (God bergmasse, men liten overdekning): Q = 1-10 (dårlig til middels)

Haukabøtunnelen:

- 7545-7610 (God bergmasse, men liten overdekning) Q = 1,0-10 (dårlig til middels)
- 7610-7680 (Liten overdekning, svakhetsone) Q = 0,6-4,0 (svært dårlig til dårlig)
- 7680-7760 (Moderat/skeiv overdekning, noe dagfjell): Q = 1,0-4,0 (dårlig)
- 7760-7840 (Moderat overdekning, god bergmasse) Q = 1,0-10 (dårlig til middels)
- 7840-7860 (Moderat/god overdekning, svakhetsone): Q = 1,0-10 (dårlig til middels)
- 7860-8200 (God overdekning, og god bergmasse) Q = 10-40 (middels til god)
- 8210-8240 (God overdekning, antatt svakere bergart) Q = 1,0-10 (dårlig til middels)
- 8240-8330 (God overdekning, god bergmasse) Q = 10-40 (middels til god)
- 8330-8395 (God bergmasse, lite overdekning) Q = 1,0-10 (dårlig til middels)

Vurderingene av nedsatt bergmassekvalitet ved profil 8210-8240 i Haukabøtunnelen forutsetter at amfibolittsonen ligger steilt og strekker seg helt ned i tunnelen. Begge antagelsene er usikre. Dersom amfibolittsonen er parallell foliasjonen i gneisen, vil denne sonen eventuelt kunne skjære tunnelaksen med noe høyere profilnummer (lenger mot vest enn antatt her).

Størst utfordringer antas å påtreffes mellom profil 7610 og 7760. Når tunnelen drives fra vest mot øst vil bergoverdekningen i senterlinja synke fra 15 m ved 7760 til 10-12 m ved profil 7670.

Bergoverdekningen vil være noe mindre over det sørlige vederlaget. Mellom 7670-7650 er det sannsynlig å påtreffe svakhetssonen som er indikert i tegning V001-003.

5.2 Svelleleire

Leirprøven som ble testet (ref. 7), ble tatt i en regional forkastningssone hvor det var stor sannsynlighet for å finne svelleleire (vedlegg B). Den nye rv. 662 skal gå i bru over denne sona, så omvandlet bergmasse fra forkastningssona vil trolig ikke berøre tunnelene direkte. Bergmassen fra selve påhugget og vestover ser dessuten ut til å være mer kompetent enn bergmassen rundt elva. Seismikkresultater omtalt i denne rapporten, antyder også at bergmassen generelt er god i de undersøkte områdene.

Imidlertid er det indikert enkelte lavhastighetssoner i området generelt – også over Haukabøtunnelen. Tunnelene kan komme til å skjære forkastninger og svakhetssoner som inneholder samme type leirmineraler som hovedforkastningen.

Vi anbefaler derfor at en under tunneldrivingen er særlig oppmerksom på mulige forekomster av svelleleire og foreslår følgende tiltak:

- Bergsikring av forskjæringene på begge sider av Haukabøelva må ta hensyn til forekomst av svelleleire
- Leirsoner som påtreffes både i Nakketunnelen og i Haukabøtunnelen bør prøvetas med sikte på å dokumentere eventuelle svellende egenskaper
- Med mindre annet er dokumentert, bør en gå ut fra at leirmineraler som påtreffes i tunnelen kan være aktive eller meget aktive.

5.3 Konsekvenser for sprengning og stabilitetssikring

Q-metoden kan brukes til å definere sikringskategorier. For aktuelt tunneltverrsnitt og antatte Q-verdier som er omtalt i avsnitt 5.1, vil bergmassen falle inn under følgende sikringskategorier (ref.10):

Middel til god bergmasse ($Q = 4,0-10$ og $Q = 10-40$): Sikringskategori 3

- Systematisk bolting c/c 2,1-2,5 m
- Fiberarmert sprøytebetong med tykkelse 5-6 cm

Dårlig bergmasse ($Q = 1,0-4,0$): Sikringskategori 4

- Systematisk bolting c/c 1,7-2,1 m
- Fiberarmert sprøytebetong med tykkelse 6-9 cm

Svært dårlig bergmasse ($Q = 0,1-1,0$): Sikringskategori 5

- Systematisk bolting c/c 1,5-1,7 m
- Fiberarmert sprøytebetong (E700) med tykkelse 9-12 cm

Ovennevnte sikringskategorier kan brukes som planleggingsgrunnlag for sikring av tunnelene. I tillegg antas det at kombinasjonen lav overdekning, ugunstig sprekkeretning og enkelte svakhetssoner stedvis vil føre til behov for at sikringskategori 5 suppleres med forbolting og armerte buer av sprøytebetong. Dette gjelder særlig for strekningen 7610-7760. Det vil sannsynligvis ikke være behov for betongutstøpning. Metoden bør likevel inngå som beredskap ved driving av Haukabøtunnelen fordi forholdene i området med lav overdekning kan vise seg å være dårligere enn forventet.

Basert på tilgjengelig bakgrunnsmateriale, samt gjennomførte grunnundersøkelser og observasjoner i felt, vil det i følgende avsnitt gis anbefalinger for enkelte områder hvor det under tunnelproduksjon bør utøves særlig aktsomhet.

5.3.1 Nakketunnelen

- Profil 7245-7260: Her passerer tunnelen under et markert søkk i terrenget. Dette lineamentet er ikke undersøkt med seismikk, men det vurderes som sannsynlig at dette lineamentet er en svakhetssone med noe dårligere bergmassekvalitet enn området for øvrig. Dette kan identifiseres ved hjelp av sonderboring fra stuff.
- Profil 7400-7430: Det skal etableres en havarinisje 25-55 innenfor den vestlige portalen. Selve tunneløpet bør sprenges før nisja sprenges ut. Dette gjøres for å kunne få oversikt over bergforholdene før sprengning av nisja utføres.
- Profil 7445-7455: Sonderboring, forbolting og kortere salvelengder er aktuelt mot gjennomslagssalve.

5.3.2 Haukabøtunnelen

- Profil 7570-7610: Her er det registrert en liten uoverensstemmelse mellom totalsonderinger og seismikk. Enkelte sonderboringer fra tunnelen for å bekrefte tilstrekkelig overdekning, særlig i sørlige vederlag, kan bli nødvendig for å fastsette eventuelle behov for forsiktig sprengning og/eller tung sikring. Innkorting av salvelengde mot gjennomslagssalve og forbolting av denne er aktuelt.

- Profil 7610-7650: Område med liten bergoverdekning som krever sonderboringer både oppover og til sidene for bekreftelse av tilstrekkelig bergoverdekning. Da overdekningen er liten i utgangspunktet, er det viktig å begrense eventuell innrasing i tunnelen. Strekningen bør derfor bli gjenstand for tett forbolting. Sprengningsopplegget bør ta sikte på å ivareta en god kontur. Bruk av forsiktig sprengning ved hjelp av halv salvelengde og/eller delt tverrsnitt bør også vurderes i dette området. En bør forberede bruk av tyngre sikringsmidler som armerte sikringsbuer av sprøytebetong. Betongutstøpning bør inngå som beredskap. Det antas at en vil få minst overdekning ved profil 7620-7640 (6-8 m). Her bør avstanden mellom forboltene ligge ned mot 0,3 m. Ved profil 7625 er det i senterlinja boret et hull som går 7,7 m i fjell, og som nesten rekker ned til tunnelhengen. Dette bør identifiseres og støpes igjen før sprengning. Her er det dessuten under totalsonderinga identifisert en sleppe ca 1 m over tunnelhengen. Denne må tas hensyn til under sprengning og sikring.
- Profil 7650-7680: I dette området krysses en ca 8 m bred svakhetsone. Kombinert med relativt lav overdekning, vil det være aktuelt med tett forbolting og tung sikring også her.
- Profil 7680-7760: Denne strekningen får gradvis bedre overdekning over senterlinja (12-17 m). Overdekningen ved sørlige vederlag vil være noe mindre enn for senterlinja. Sonderboring i sørlige vederlag lengst øst kan være aktuelt for verifisering av tilstrekkelig overdekning. Noe forbolting i sørlige vederlag kan bli nødvendig. Armerte buer av sprøytebetong kan bli aktuelt lengst øst.
- Profil 7760-7840: Tunnelen passerer her under et lavbrekk i terrenget. Her renner det også en bekk. En kan derfor forvente en del vannlekkasjer her, selv om bergmassen for øvrig antas å være god (5300 m/s) og bergoverdekningen antas å være moderat (15-22 m).
- Profil 7840-7860: Antatt område for passering av svakhetsone. Bergoverdekningen antas å være moderat til god, men det er sannsynlig at sikringsbehovet vil bli tyngre her enn lenger øst.
- Profil 7900-7940: Plassering av nisje medfører ekstra aktsomhet i forhold til bergmassekvalitet og sikringsomfang.
- Profil 8210-8240: Passering av amfibolittsone, som kan nå ned i tunnelen, bør medføre ekstra aktsomhet i forhold til sprengning og sikring. Lavbrekk og bekk i terrenget over medfører en forventning om økning i mengden lekkasjevann.
- Profil 8385-8395: Påhugg i skrått terreng krever forbolting av tunnelpåhugg og stabilitetssikring av skjæring.

Anbefalingene over er gitt for rette søkelys mot utfordringer som synes opplagte under arbeidet med denne rapporten. Aktørene i byggefasen bør naturligvis være aktsomme overfor *andre utfordringer* som eventuelt kan oppstå under drivefasen. Det understrekes at det kan forekomme svakhetssoner og problemområder som ikke er identifisert under forundersøkelsene. Ugunstig retning på skifrihet/kløv i forhold til retningen på tunnelen kan gi uønskede utfall langs hele tunnelene, selv der bergmassen er klassifisert som god.

5.4 Konsekvenser for vann- og frostsikring

Det finnes ikke større bekker/elver, sjøer eller grunnvannsmagasin av betydning over tunnelene. Det er så vidt undertegnede kjenner til ikke foretatt noen utredning om vegetasjonens og installasjoners eventuelle sårbarhet mot grunnvannssenkning.

Haukabøtunnelen er influert av det største nedbørsfeltet og terrenget er slakere enn terrenget over Nakketunnelen. En kan forventere relativt rask avrenning i terrenget over begge tunnelene, og særlig

over Nakketunnelen, der det er minst løsmasser. Størst infiltrasjon kan forventes i området mellom 7545 og 7800 over Haukabøtunnelen, der overdekningen er liten, terrenget er slakt, og sprekkene er nær parallelle med tunnelretningen. Her kan forventes kort responstid fra nedbøren faller til konsekvensene vises i tunnelen, da steile og langsgående sprekker sannsynligvis vil drenere vannet effektivt inn i tunnelen. I områder med steilere terreng og større overdekning vil avrenningen nedover dalsiden være mer effektiv, og det kan forventes mindre innlekkasje til tunnelen.

I følge håndbok 021 er dimensjonerende frostmengder i Molde kommune satt lik $F_{10T} = 3000 \text{ h}^\circ\text{C}$. Det antas at vann- og frostsikring blir aktuelt for minst 50 % av tunnelene. Med liten overdekning er det imidlertid vanlig med spredte drypp, og det er derfor ikke utenkelig at det kan bli aktuelt å vannsikre nærmere 100 % av tunnelene dersom en ønsker å oppnå helt tørre tunneler.

Forinjeksjon kunne begrenset innlekkasjene, men kost/nytte-vurderinger tilsier at kostnadene blir for høye i forhold til konsekvensen av lekkasjevann i tunnelene. Det er sannsynlig at mengden lekkasjevann inn i tunnelene er håndterbar uten bruk av injeksjon.

6 Konklusjon

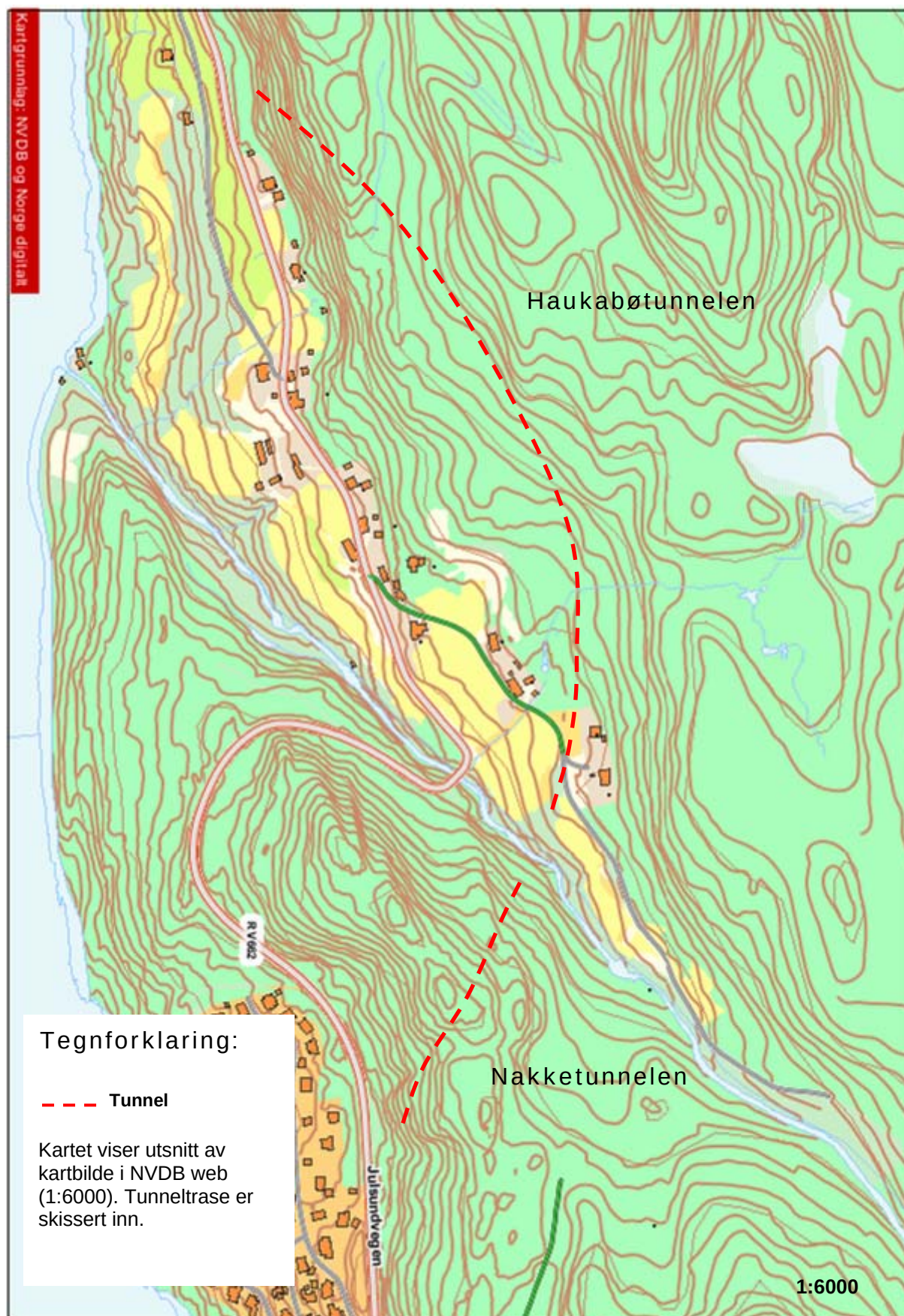
I denne rapporten beskrives geologiske og topografiske forhold relevante for Nakketunnelen og Haukabøtunnelen. Bergmassen er vurdert og klassifisert, og anbefalinger til aktsomhet under driving og sannsynlig behov for sikring er gitt. Aktørene må imidlertid gjøre selvstendige vurderinger i byggefase på grunnlag av erfaringer fra driving og sikring. Det anbefales å sørge for tett oppfølging i byggefase. Kartlegging inne i tunnelen må inngå som en viktig forutsetning for fastsettelse av framgangsmåte for sprengnings- og sikringsopplegg

For antatte mengder vises det til prosesser i beskrivelsen for prosjektet.

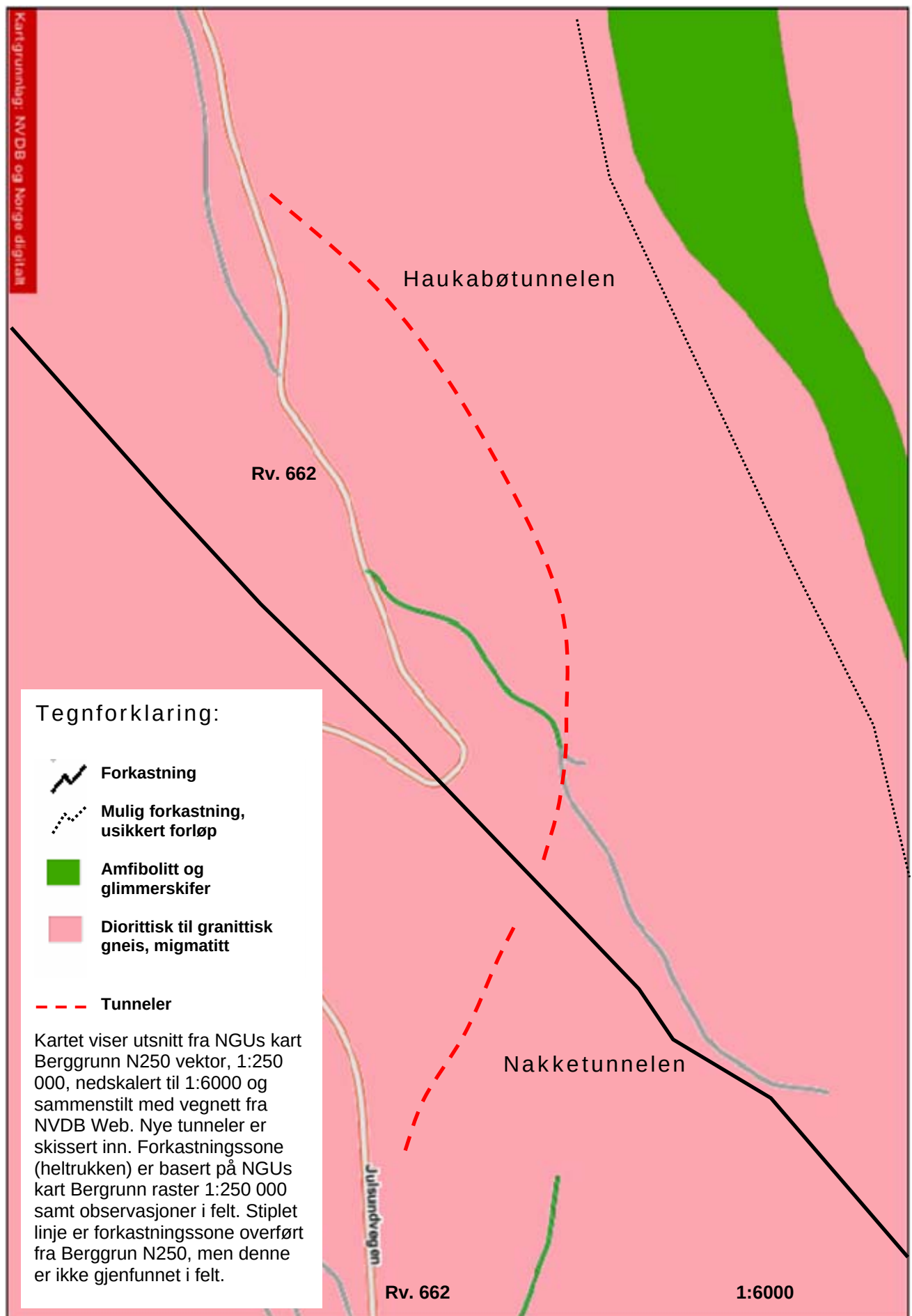
Rereranser

1. Statens vegvesen Region midt (2008). Rv. 662 Haukabøen. Ingeniørgeologisk rapport. Byggeplan. Nakketunnelen og Haukabøtunnelen. Rapport 2007097211-02. datert 2008-01-16.
2. Statens vegvesen Region midt (2007). Rv. 662 Haukabøen. Grunnboring for byggeplan. Rapport 2003010993-2. Datert 2007-10-29.
3. Geophysix AS (2001): Aktuelle tunneler på RV 662 ved Haukabøen. Rapport. Refraksjonsseismiske undersøkelser. Rapport 2001/03372-4
4. Statens vegvesen Region midt (2007): Rv. 662. Ingeniørgeologisk vurdering. Krav til bergoverdekning over tunnelar
5. Geomap (2008): Rv 662 Haukabøen – Tunnelprosjekt. Refraksjonsseismiske undersøkelser. Rapport 282001.
6. Statens vegvesen Region midt (2008): Rv. 662 Haukabøen. Supplerende grunnundersøkelser for påvisning av bergoverflate over Haukabøtunnelen. Notat 2007097211-04. Datert 2008-01-31
7. Statens vegvesen Region midt (2008): Rv. 662 Haukabøen. Frisvellingstest av leirmateriale fra forskjæring i Haukabødalen. Notat 2007097211-03. Datert 2008-01-31
8. Norges Geologiske Undersøkelse (NGU): Berggrunnskart på nett 1:250 000. <http://www.ngu.no/kart/bg250/>
9. Norwegian Group of Rock Mechanics (2000): Engineering Geology and Rock Engineering. Handbook No. 2.
10. Norges Geologiske Institutt (1997): Ingeniørgeologi. Praktisk bruk av Q-metoden.
11. Norsk forening for Fjellsprengningsteknikk (2007): Håndbok i tung bergsikring i underjordsanlegg. NFF-håndbok nr 5.

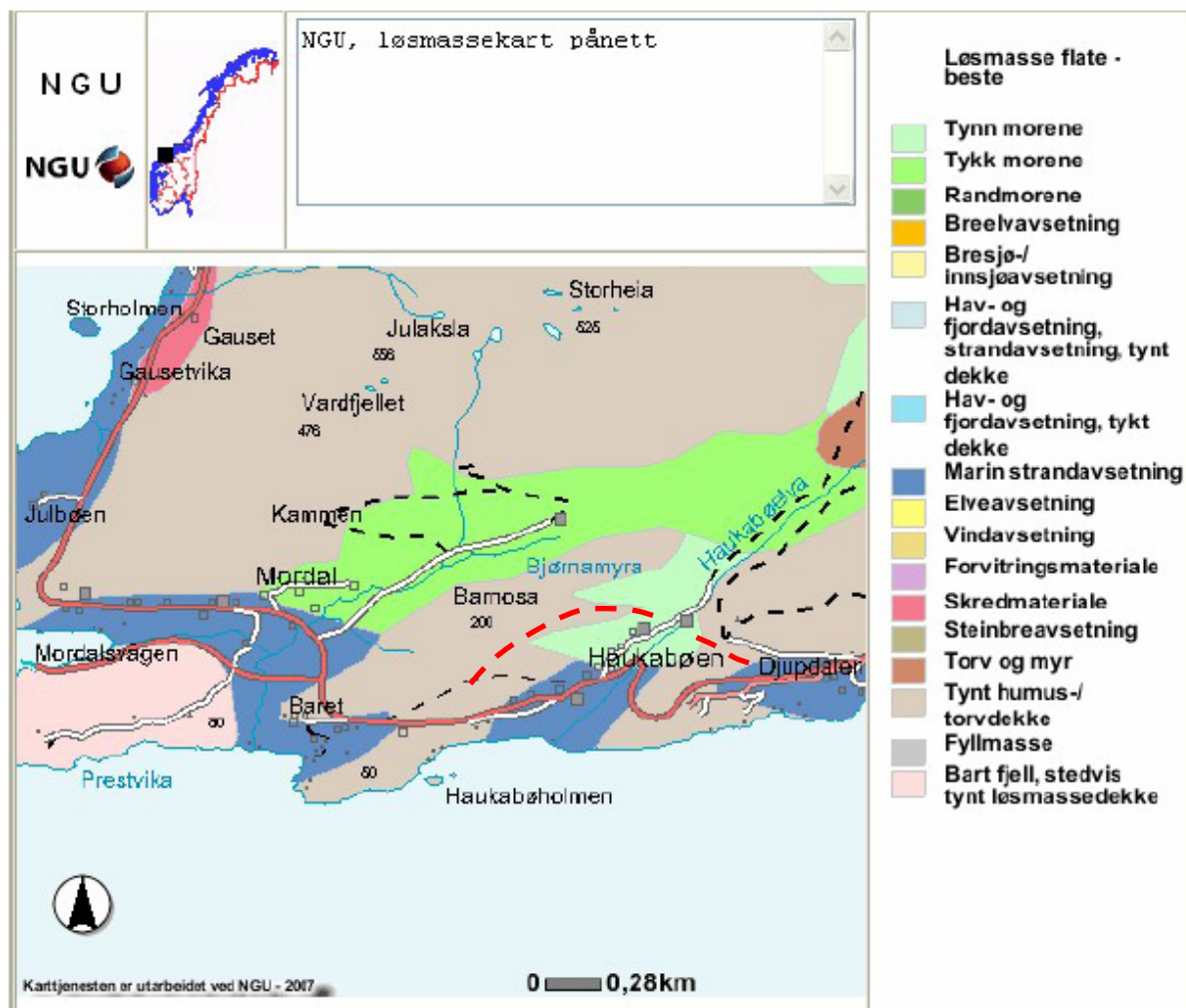
Vedlegg A: TOPOGRAFISK OVERSIKTSKART (NVDB)



Vedlegg B: GEOLOGISK OVERSIKTSKART, BERGGRUNN (NGU/NVDB)



Vedlegg C: GEOLOGISK OVERSIKTSKART, LØSMASSER (NGU)



Tunneler



Tegnforklaring

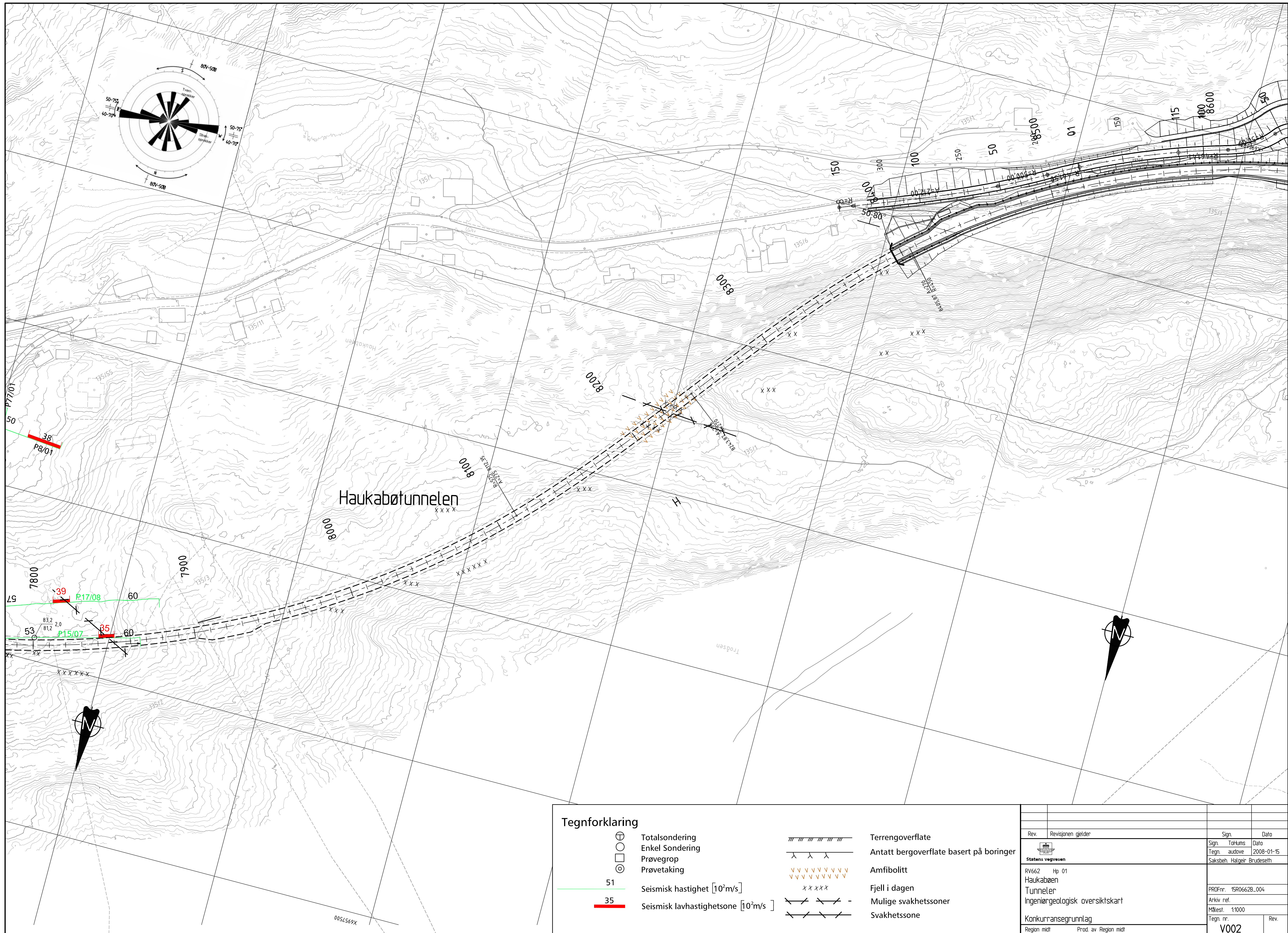
- Totalsondering
- Enkel Sondering
- Prøvegrop
- Prøvetaking
- 51
- 35

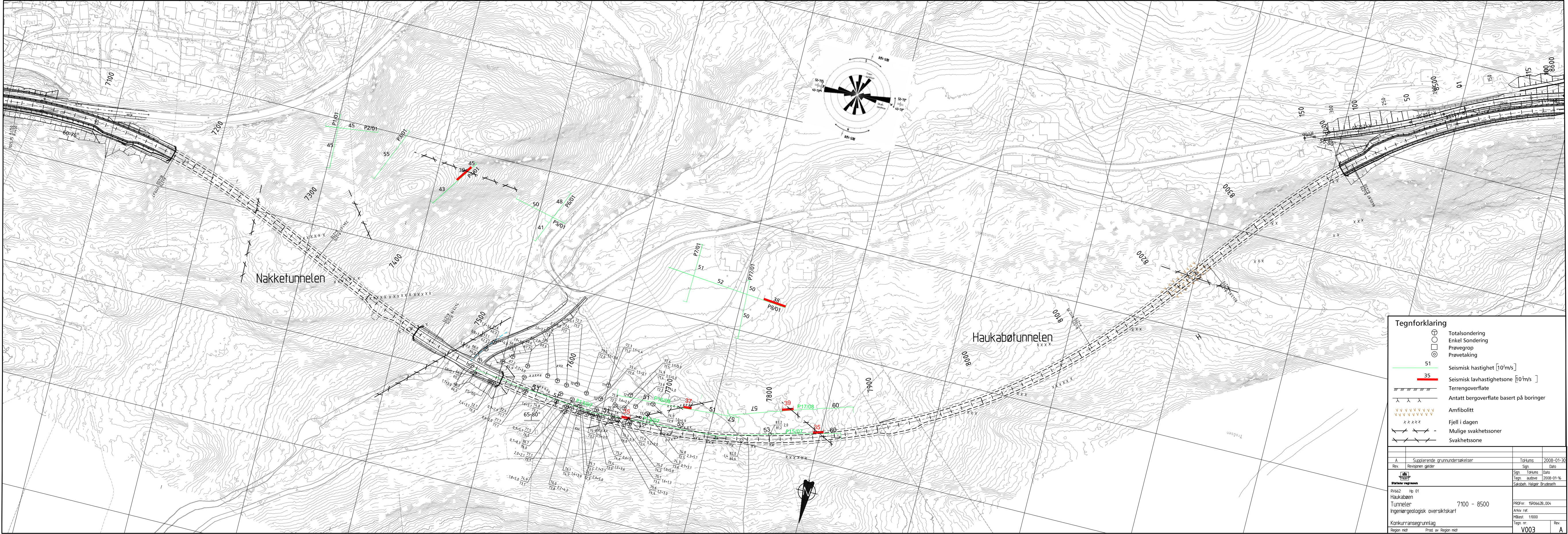
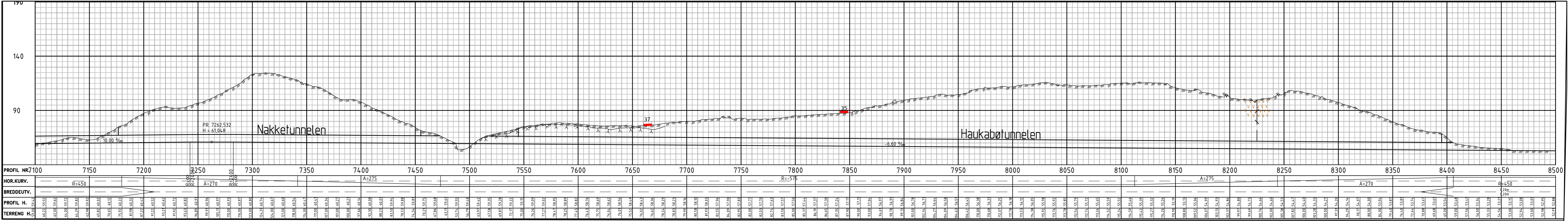
- Seismisk hastighet [10²m/s]
- Seismisk lavhastighetsone [10²m/s]

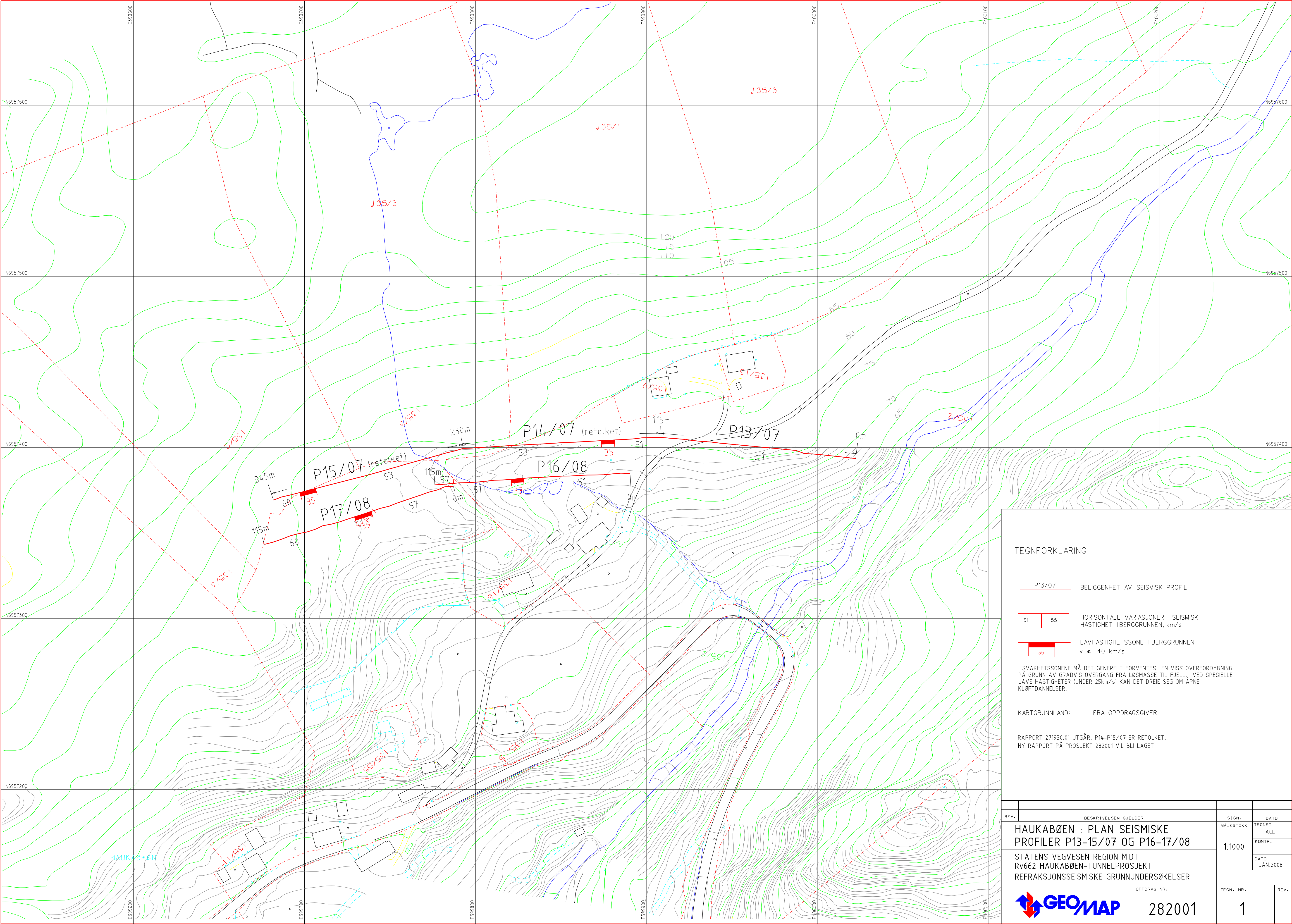
- Terrangoverflate
- Antatt bergoverflate basert på borer
- Amfibolitt
- Fjell i dagen
- Mulige svakhetssoner
- Svakhetsone

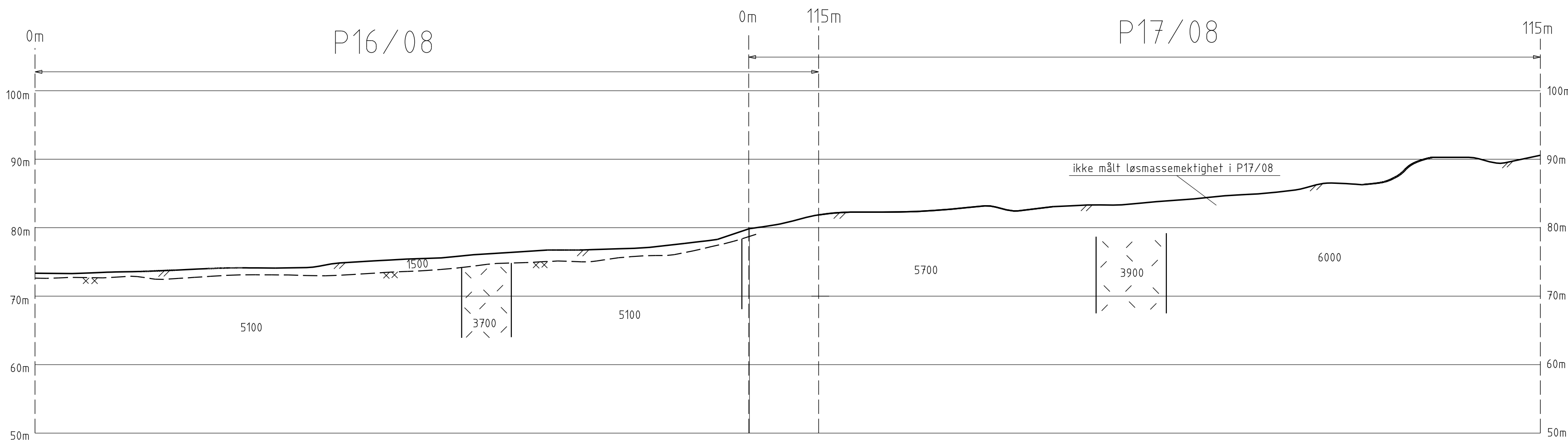
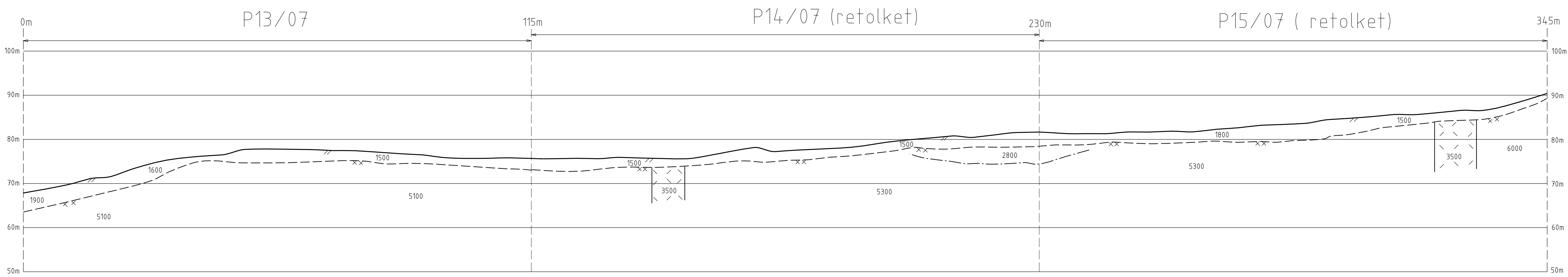
- Terrangoverflate
- Antatt bergoverflate basert på borer
- Amfibolitt
- Fjell i dagen
- Mulige svakhetssoner
- Svakhetsone

Rev.	Revisjonen gjelder	Sign.	Dato
		Sign. ToHums	Dato
		Tegn. audove	2008-01-16
		Saksbeh. Halgeir Brudeseth	
Statens vegvesen			
RV662 Hp 01			
Haukabøen			
Tunneler			
Ingeniørgeologisk oversiktskart			
Konkurransegrunntag			
Region midt Prod. av Region midt			
PROJnr. 15R0662B_004			
Arkiv ref.			
Målest. 1:1000			
Tegn. nr.			
V001			









TEGNFORKLARING

- TERRENG
- LØSMASSELAG MED ULIK SEISMISK HASTIGHET
- BEREGNET FJELLOVERFLATE
- HORISONTALE VARIASJONER I SEISMISK HASTIGHET I BERGGRUNNEN
- LAVHASTIGHETSSONE I BERGGRUNNEN
- I SVAKHETSSONENE MÅ DET GENERELT FORVENTES EN VISS OVERFORDYBNING PÅ GRUNN AV GRADVIS OVERGANG FRA LØSMASSE TIL FJELL. VED SPESEIELLE LAVHASTIGHETER UNDER 2500 m/s KAN DET DRØYE SEG OM ÅRNE KLØFTDANNELSER.
- USIKKERHET I BEREGNINGEN AV FJELLOVERFLATEN
- VERTIKALE VARIASJONER (DAGFJELL) I SEISMISK HASTIGHET I BERGGRUNNEN

RAPPORT 271930.01 UTGÅR. P14-P15/07 ER RETOLKET
NY RAPPORT PÅ PROSJEKT 282001 VIL BLI LAGT

REV.	BESKRIVELSE	SIGN.	DATE
	HAUKABØEN: SEISMISKE SEKSJONER P13-15/07 OG P16-P17/08	MALESTOKK	TEGNET
	STATENS VEGVESEN REGION MIDT RV 662 HAUKABØEN, TUNNELPROSJEKT REFRAKSJONSSEISMISKE GRUNNUNTERSØKELSER	1:500	KONTROLL
			DATE
			JAN. 2008
	OPPDRAK NR.	TEGN. NR.	REV.
	282001	2	