



Jernbaneverket

## InterCity-prosjektet

# INGENIØRGEOLOGISK RAPPORT

- Akseptert  
 Akseptert m/kommentarer  
 Ikke akseptert / kommentert  
Revider og send inn på nytt  
 Kun for informasjon

Sign:

01A	Kommentarer fra JBV innarbeidet	29.03.2016	ESBE	MOV	NOFOLL
00A	Første versjon	24.02.2016	ESBE	MOV	NOFOLL
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Tittel: <b>Dovrebanen, Sørli – Hamar – Brumunddal</b>		Sider: <b>41 + Vedlegg</b>			
<b>INGENIØRGEOLOGISK RAPPORT</b>		Produsert av:			
		Prod.dok.nr.:		Rev:	
		Erstatter:			
		Erstattet av:			
Prosjekt: Parsell:	InterCity-prosjektet 56	Dokumentnummer: <b>ICP-56-V-26302</b>	Revisjon: <b>01A</b>		
		Drift dokumentnummer:	Drift rev.:		

## INNHOLDSFORTEGNELSE

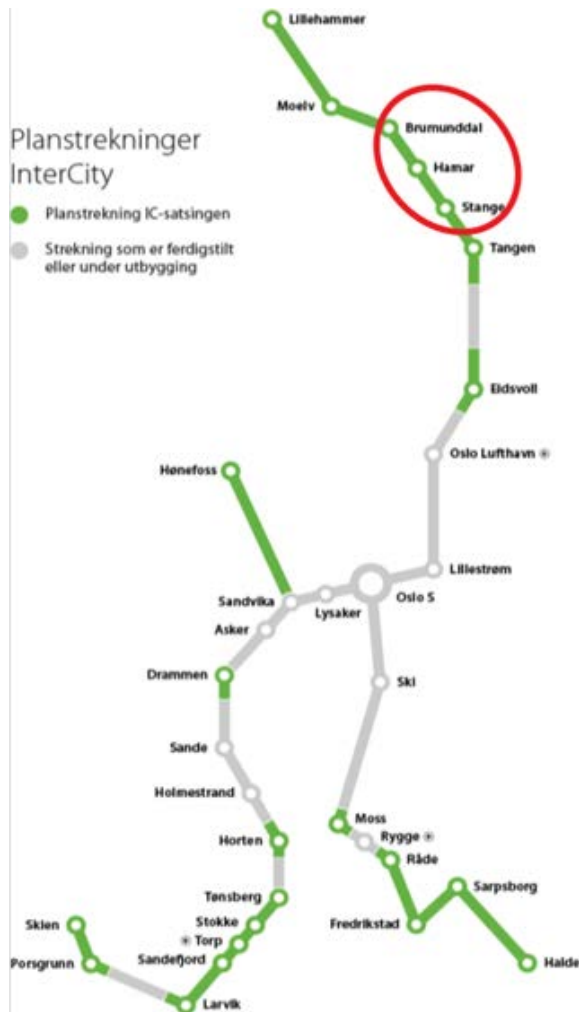
<b>1</b>	<b>BAKGRUNN .....</b>	<b>4</b>
1.1	KORT OM PROSJEKTET.....	4
1.2	AKTUELLE LINJER .....	4
1.2.1	Sørli – Ottestad – Åkersvika .....	5
1.2.2	Åkersvika – Jessnes.....	6
1.2.3	Jessnes – Brumunddal .....	6
<b>2</b>	<b>GEOLOGISKE FORHOLD .....</b>	<b>8</b>
2.1	TOPOGRAFI.....	8
2.2	KVARTÆRGEOLOGI.....	8
2.3	BERGGRUNNSGEOLOGI.....	10
2.3.1	Generelt om berggrunnsgeologien i planområdet.....	10
2.3.2	Generelt om kambro-siluriske sedimentære bergarter.....	13
2.3.3	De dominerende bergartene i planområdet.....	14
2.3.4	Svartskifer.....	14
2.4	SKRED.....	15
<b>3</b>	<b>HYDROGEOLOGI.....</b>	<b>16</b>
3.1	HYDROLOGI .....	16
3.2	TILGJENGELIGE HYDROGEOLOGISKE DATA .....	17
3.3	HYDROGEOLOGISK VURDERING .....	22
3.3.1	Sørli-Ottestad-Åkersvika.....	22
3.3.2	Åkersvika-Jessnes (Hamar sentrum og Furuberget).....	22
3.3.3	Jessnes-Brumunddal.....	23
3.4	VIDERE ARBEID .....	23
<b>4</b>	<b>UTFØRTE UNDERSØKELSER.....</b>	<b>24</b>
4.1	TIDLIGERE UTFØRTE UNDERSØKELSER .....	24
4.2	GEOLOGISK KARTLEGGING.....	24
4.2.1	Oppsprekking.....	25
4.3	GEOFYSISKE UNDERSØKELSER .....	26
4.3.1	AEM.....	26
4.3.2	Refraksjonsseismikk.....	26
4.4	GRUNNBORING.....	28
4.5	KJERNEBORING.....	28
4.6	VIDERE UNDERSØKELSER .....	29
<b>5</b>	<b>INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER.....</b>	<b>30</b>
5.1	BERGSKJÆRINGER OG FORSKJÆRINGER .....	30
5.1.1	Sørli – Ottestad.....	30
5.1.2	Ottestad – Åkersvika.....	30
5.1.3	Åkersvika – Jessnes, forskjæringer for tunneler og påhuggsområder .....	30
5.1.4	Jessnes – Brumunddal .....	31
5.2	TUNNELKORRIDORER.....	31
5.2.1	Bergartsformasjoner langs tunneltraseene.....	31
5.2.2	Bergmekaniske egenskaper og forhold.....	32
5.2.3	Bergmassekvalitet .....	32
5.2.4	Boring og sprengning.....	33
5.2.5	Stabilitet og sikring.....	33
5.2.6	Lekkasje og tetting.....	37
5.3	VIBRASJONER OG RYSTELSER .....	37
5.4	GJENBRUK AV MASSER .....	37
<b>6</b>	<b>SLUTTKOMMENTARER .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>DOKUMENTINFORMASJON.....</b>	<b>40</b>
7.1	DOKUMENTHISTORIKK.....	40

7.2	REFERANSELISTE .....	40
<b>8</b>	<b>VEDLEGG.....</b>	<b>41</b>
8.1	VEDLEGG 1 – SPREKKEROSER OG KONTURPLOTT .....	41
8.2	VEDLEGG 2 – IC SØRLI-LILLEHAMMER. REFRAKTIONSSEISMISK KORTLÆGNING AF GRUNDFJELD	41

# 1 BAKGRUNN

## 1.1 Kort om prosjektet

InterCity(IC)-området er definert som området langs jernbanestrekningene Oslo–Lillehammer, Oslo–Halden og Oslo–Skien samt den fremtidige Ringeriksbanen. Denne rapporten omhandler Dovrebanen på strekningen Sørli – Brumunddal, som vist i Figur 1.



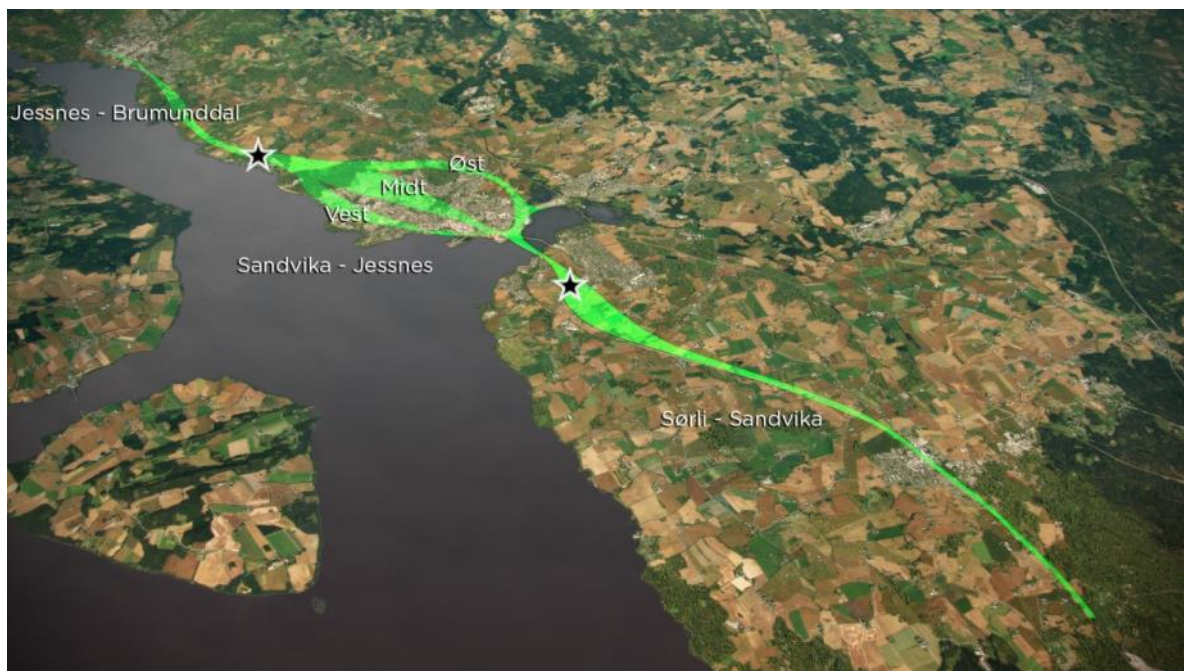
Figur 1: Oversikt over InterCity-området (illustrasjon Jernbanelinjet)

Denne ingeniørgeologiske rapporten er en del av arbeidet med teknisk hovedplan, som er en del av leveransen til en kommunedelplan på strekningen Sørli-Brumunddal. Rapporten har som hensikt å gi en oversikt over de ingeniørgeologiske forholdene i området, utførte grunnundersøkelser samt en ingeniørgeologisk vurdering av de ulike linjene.

Når det gjelder grunnlag og forutsetninger er det flere dokumenter som ligger til grunn for denne rapporten. Disse dokumentene er det redegjort for i den tekniske hovedplanen [1]. Et av de viktigste dokumentene for denne rapporten er teknisk designbasis, som er et retningsgivende dokument som gir føringer for foretrukne teknologiske valg for systemene som danner jernbanen.

## 1.2 Aktuelle linjer

Strekningen Sørli-Brumunddal er 29,3 km lang. De ulike alternativene er videreutviklet fra KVV Oslo-Lillehammer innenfor hver korridor. Oversikt over de korridorene som det har blitt jobbet med i denne fasen er illustrert i Figur 2.



Figur 2: Oversiktsbilde som illustrerer de ulike korridorene

Det gjenstår per 01.03.2016 to alternative linjer fra Sørli-Åkersvika, fire linjer fordelt på tre korridorer gjennom Hamar og en linje fra Jessnes-Brumunddal. Tabell 1 viser en oversikt over de gjenstående alternativene. Når det gjelder Sørli-Åkersvika finnes det to versjoner av alternativ 2a, som er tilpasset henholdsvis korridor 1 og 2 og korridor 3 ved Åkersvika. I denne rapporten er alternativ 2a behandlet under ett fordi forskjellene er minimale med tanke på ingeniørgeologiske forhold, For alternativene gjennom Hamar betyr «b» i alternativnavnene at det er nedsatt hastighet til 80 km/t gjennom stasjonen. For alternativ 1a i korridor 2 står «a» for at det ikke er noen begrensninger på gjennomkjøringshastigeten gjennom stasjonen. Det vil bli en kort oppramsing av linjen i delkapitlene nedenfor. For beskrivelser om geologi og spesielle forhold vises det til kap 5.

Tabell 1 Oversikt over gjenstående alternativer per 01.03.2016

SØR OG NORD FOR HAMAR	GJENNOM HAMAR
<b>Sørli - Åkersvika</b>	<b>Korridor 1 (vest)</b>
Alt. 2a: Bekkelaget	Alt. 2b: Dagens stasjon med bro over Hamarbukta
Alt. 56-1a: Bekkelaget	Alt. 3b: Dagens stasjon med kulvert under Hamarbukta
<b>Jessnes - Brumunddal</b>	<b>Korridor 2 (midt)</b>
Alt. 3: Jessnes vest	Alt. 1a: Stasjon ved rådhuset
	<b>Korridor 3 (øst)</b>
	Alt. 3: Stasjon ved Vikingskipet

### 1.2.1 Sørli – Ottestad – Åkersvika

Nytt dobbeltspor skal fra Sørli og fram til Bekkelaget så å si følge dagens trasé, men med en noe stivere linjeføring. Traseen vil skjære seg gjennom lave jord- og bergskjæringer og ligge på fylling fra Sørli gjennom Strange sentrum og fram til Bekkelaget. Når traseen kommer til Bekkelaget vil den møte en liten åsrygg. Her vil traseen gå i berg- og løsmasseskjæring over en strekning på rundt 3 km. De første 2 km av skjæringa vil hovedsakelig ha skjæringshøyde på rundt 4-10 meter og siste del ned

mot Åkersvika på mellom 8-15 meter og på det høyeste vil skjæringen være i overkant av 17 meter. Det er to alternativer 2a Bekkelaget og 56-1a Bekkelaget. Alternativet 2a Bekkelaget går noe lengre vest i plankorridoren enn 56-1a Bekkelaget. 56-1a Bekkelaget har noe større skjæringshøyde de første 2 km av skjæringa fram til Rudolf Steiners veg.

Alternativ 2a Bekkelaget har to varianter, en tilpasset K1 og K2 gjennom Hamar sentrum og en som er tilpasset K3. Disse to er så å si like, og omtales som samme alternativ.

### 1.2.2 Åkersvika – Jessnes

Det er tre hovedkorridorer gjennom Hamar sentrum, 1 (vest), 2 (midt) og 3 (øst). Korridor 1, som har to gjenstående alternativer, går gjennom Hamar på vestsiden langs Mjøsa og dagens stasjon. Korridor 2 går rett fram etter kryssing av Åkersvika og gjennom Hamar sentrum med stasjon mellom Hamar rådhus og CC Stadion. I korridor 3 gjenstår et alternativ som svinger østover etter Åkersvika og stasjon ved Vikingskipet. Alternativene gjennom Hamar sentrum er nærmere beskrevet under.

#### Korridor 1

K1-2b: «Dagens stasjon med bru over Hamarbukta»

Alternativet med lengre tunnel i korridor 2 går fra Hamar stasjon over Mjøsa på fylling og bro over vika ved «brygga» og Høiensalodden før den går i tunnel inn under Aslak Bolts gate. Her vil det bli noe forskjæring før det blir kulvert fram til påhugg for bergtunnel. Kulverten vil ha en lengde i underkant av 600 meter. Etter etablering av påhugg har bergtunnelen relativt god bergoverdekning fram til påhugg ved Jessnes med unntak av et lavbrekk ved Prestrudhallen. Her er bergoverdekningen på rundt 11-15 meter. Det er også for alternativ 2b nødvendig med forskjæring ved påhugget på Jessnes.

K1-3b: «Dagens stasjon med kulvert under Hamarbukta»

Dette alternativet går raskt på synk i kulvert etter stasjonsområdet i Hamar. Kulverten vil gå ned i Mjøsa over vika ved «brygga», inn under Høiensalodden og videre under Aslak Bolts gate. Terrenget stiger moderat men det er nødvendig med en kulvert før det er tilstrekkelig bergoverdekning for bergtunnel. Total lengde på kulvert med kryssing av vika fram til påhugg vil være litt over 1 km. Etter etablering av påhugg har bergtunnelen relativt god bergoverdekning fram til påhugg ved Jessnes med unntak av et lavbrekk ved Prestrudhallen. Her er bergoverdekningen noe lavere, rundt 15-17 meter. Ved påhugget på Jessnes blir det en forskjæring på grunn av det relativt flate terrenget.

#### Korridor 2

K2-1a: «Stasjon ved rådhuset»

Denne korridoren går rett gjennom Hamar sentrum. Etter kryssing av Åkersvika vil traseen gå på synk med berg- og løsmasseskjæring gjennom byen før den stiger litt før stasjonsområdet ved rådhuset. Denne skjæringa blir rundt 600 meter og med en maksimal høyde opp mot 17 meter. Den nordlige delen av stasjonsområdet ligger i kulvert som fortsetter nordover fram til påhugg for bergtunnel. Fra stasjonsområdet går det fra fem til to spor over ca 400 meter. Følgelig blir det et spenn på nesten 40 m på bergtunnelen og her blir det en bærende betongkonstruksjon de første ca. 100 meterne før det er tilstrekkelig bergoverdekning til selv bærende bergtunnel. Totalt har de første 300 meterne av bergtunnelen lav bergoverdekning. Etter passering av Hamar sjukehus ved pel nr. 126400 har traseen god bergoverdekning fram til påhuggsområdet ved Jessnes. På Jessnes vil det være forskjæring.

#### Korridor 3

K3-3: «Stasjon ved Vikingskipet»

Korridor 3 går på østsiden av Hamar sentrum, med stasjon ved Vikingskipet. Videre går alternativet gjennom Disen og jordene ved Børstad og Tommelstad gård. Her blir det fylling og fortrinnsvis løsmasseskjæring. Noe bergskjæring vil det bli gjennom mindre koller med kalkstein som står igjen på jordene. Påhugg for tunnel blir rett etter passering av Furnesvegen. Det blir en portal på rundt 115 meter før det blir påhugg for bergtunnel. Bergoverdekningen er god helt til påhugget på Jessnes, etter påhugg blir det forskjæring på lik linje med de andre alternativene.

### 1.2.3 Jessnes – Brumunddal

Traseen fra Jessnes mot Brumunddal går noe lengre opp i den slake dalsiden over Mjøsa. På grunn av åsryggene som går ned mot Mjøsa går sporet på fylling og gjennom tre lengre berg- og løsmasseskjæringer. Det vil også bli en ca. 300 meter lang bro over Mælumsvika. Den første skjæringa er litt over 500 meter og går gjennom åsryggen før broen over Mælumsvika. De første 250

meterne har en høyde på rundt 4-10 meter og den siste delen er noe høyere med skjæringshøyde på 10-20 meter. Etter kryssing av Mælumsvika blir det en ny berg- og løsmasseskjæring på rundt 550 meter. Det blir skjæringshøyder fra 3 til 15 meter med gjennomsnittshøyde på rundt 10 meter. Etter denne åsryggen blir det en fylling på drøye 900 meter før det blir en ny skjæring på ca. 550 meter. Gjennomsnittlig skjæringshøyde er rundt 8-9 meter og maksimal høyde opp mot 13 meter. Siste 2,8 km inn til stasjonsområdet i Brumunddal blir det fyllinger og mindre skjæringer med total lengde på rundt 400 meter med skjæringshøyder opp mot 5 meter.

## 2 GEOLOGISKE FORHOLD

### 2.1 Topografi

Landskapet mellom Sørli og Bekkelaget er et åpent og vidstrakt kulturlandskap med unntak av strekningen gjennom tettstedet Stange og et par mindre skogholt helt i sør ved Sørli. Terrenget er snilt og bølgete med mindre høydedrag. Nytt dobbeltspor fra Sørli og fram til Ottestad vil ligge nært dagens trasé. Traseen skjærer seg i dag gjennom terrenget med lave jord- og bergskjæringer. Når traseen kommer til Bekkelaget vil den møte en liten åsrygg før kryssing av Åkersvika til Hamar sentrum.

Terrenget ved Hamar sentrum har et slakt fall ned mot Mjøsa. På grunn av de vekslende bergartene der kalksteinen er sterkere enn skiferen er det flere mindre kalksteinrygger som står opp i Hamar sentrum. Den mest fremtredende kalksteinsryggen går fra Ankerskogen ned mot Storhamar og Domkirkeodden. Topografien er stedvis utjevnet av morene og byutviklingen. Gjennom Hamar sentrum og Furuberget går de tre korridorene for det meste i tunnel. Topografien er avgjørende med tanke på plassering av påhugg og bergoverdekning. Etter de bebygde områdene i Hamar sentrum møter de tre korridorene Furuberget før kommunegrensen mellom Hamar og Ringsaker. Furuberget er en kalksteinsformasjon som på sitt høyeste ligger 160-170 meter over Mjøsas bredder. Figur 3 viser et flybilde fra området.



**Figur 3: Flybilde med Bekkelaget i forgrunnen og Åkersvika og Hamar sentrum i bakkant. Bildet er tatt i retning nord [2].**

Traseen fra Jessnes går langs Mjøsa med svakt stigende terreng mot nordøst fra Mjøsokanten. Det er hovedsakelig kulturlandskap og mindre skogholt mellom Jessnes og Brumunddal. Landskapet er bølgete med større høydedrag enn sør for Åkersvika. Det er slake åsrygger ned mot Mjøsa som skaper terrenget, og langs det skrånende sideterrenget mot Brumunddal vil det være flere lengre berg- og løsmasseskjæringer. Mellom disse ryggene er det planlagt fyllinger og en bro som krysser Mælumvika.

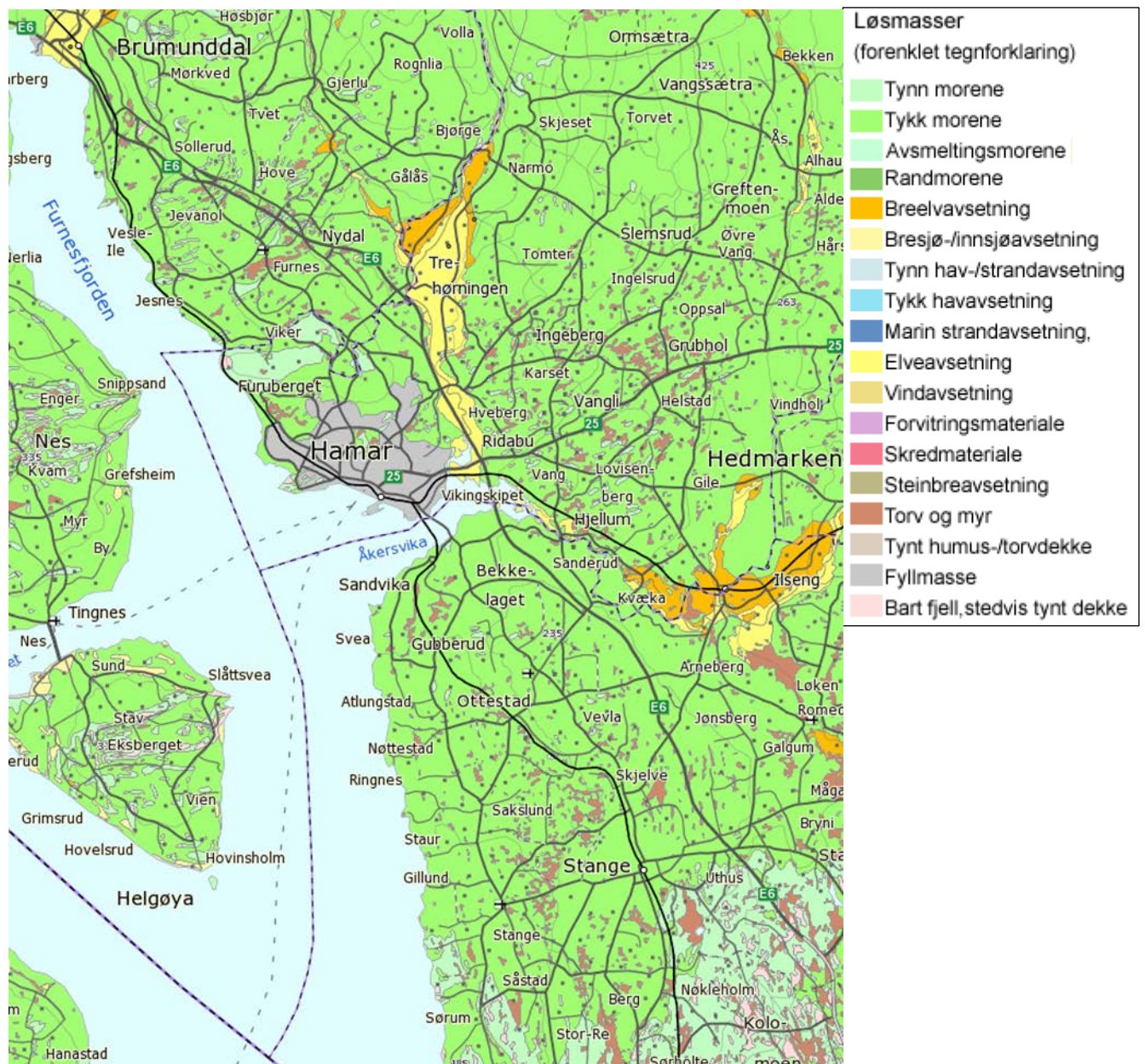
### 2.2 Kvartærgeologi

Hele området fra Sørli til Brumunddal er dekket av morene med varierende tykkelse, samt noe torv og myr. Fra Sørli og nordover opp til Åkersvika er det morenedekke med innslag av torv og myr og typisk løsmassemekthet her er 0,5 – 10 meter. Enkelte steder langs dagens jernbane er det bergskjæringer med 2-3 meter høyde. I Hamar sentrum er det hovedsakelig fyllmasse på berg eller morene. Ved høydedrag og langs veier er det berg i dagen.



Utførte grunnundersøkelser viser variasjon i løsmassemekthet fra 3 til 10 m. Det er utarbeidet en geoteknisk rapport som omtaler løsmasserforholdene, se geoteknisk rapport ICP-56-V-26306 for nærmere beskrivelse [3]. Registeringer i databasen Granada (NGU) viser varierende løsmassemekthet fra Åkersvika og til Furuberget med mektigheter som varierer fra 0,5 meter til 14 meter, med gjennomsnittlig løsmassemekthet på 2-8 meter.

Selve Furuberget har et tynt morenedekke og «berg i dagen». Fra Jessnes og over i Ringsaker kommune nordover mot Brumunddal sentrum er det igjen morenedekke, samt noe torv og myr. Her viser grunnundersøkelsene at løsmassemektheten varierer fra 2 til 10 meter. Sør for Brumunddal sentrum har de største løsmassemektheten. Figur 4 viser løsmassekart fra NGUs kartdatabase



**Figur 4: Løsmassekart fra NGU for strekningen Sørli-Brumunddal [4]**

## 2.3 Berggrunnsgeologi

### 2.3.1 Generelt om berggrunnsgeologien i planområdet

Bergartene på strekningen Sørli-Brumunddal tilhører for det meste Oslofeltet med unntak av områdene helt i sør ved Sørli med grunnfjell, og i nord ved Brumunddal med Hedmarkgruppen, tidligere kjent som sparagmittgruppen.. Fra Sørli og nordøstover mot Stange sentrum opptrer det prekambriske gneiser. Mellom Stange sentrum og nordover mot Brumunddal dominerer kambrosiluriske, sedimentære bergarter tilhørende Oslofeltet. Her ligger leirskifere, kalkskifre, kalkstein og sandstein i veksling. Her er det også innslag av svartskifer og alunskifer. Bergartene ligger i veksling med varierende lagtykkelse. Lagpakkene er foldet og observasjoner fra felt viser at lagene har et noe varierende fall. I Brumunddal sentrum er det sedimentære bergarter som sandstein og kvartsitt under Hedmarkgruppen.

Bergartenes lagning stryker hovedsakelig NØ-SV og har som oftest fall på 40° - 50° mot NV og SØ. Slakt fall i begge retninger forekommer også. Bergartene er foldet og foldeaksen har et slakt fall mot vest. På grunn av forkastninger og folding gjentas bergartene og dette gir ofte en tett veksling mellom de forskjellige bergartene. Vekslingen mellom relativ god bergmassekvalitet og dårlig bergmassekvalitet er derfor hyppig.

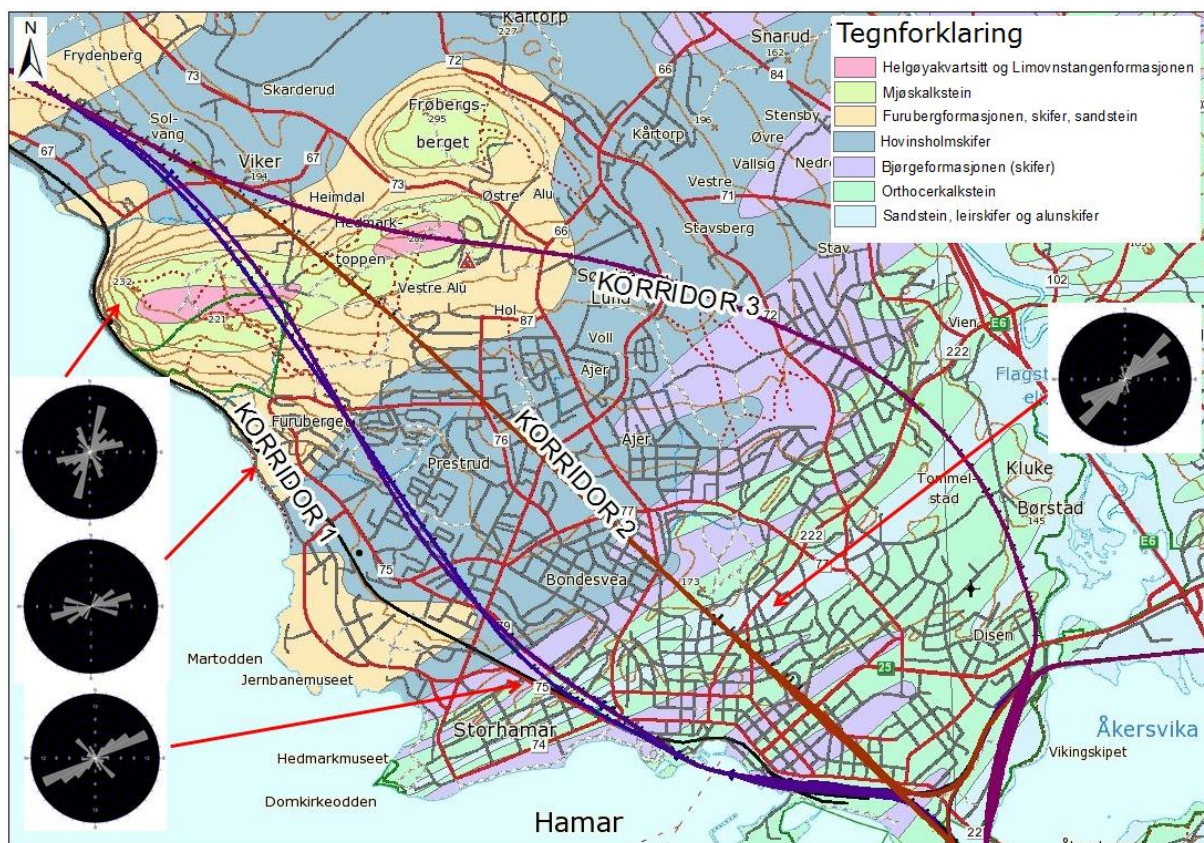
Figur 5, Figur 6, Figur 7 og Figur 8 viser berggrunnskart for strekningen Ottestad til Brumunddal. NGU sitt berggrunnskart i målestokk 1:50000 dekker ikke strekningen fra Sørli til Ottestad, så for denne strekningen er det benyttet kart med målestokk 1:250000.



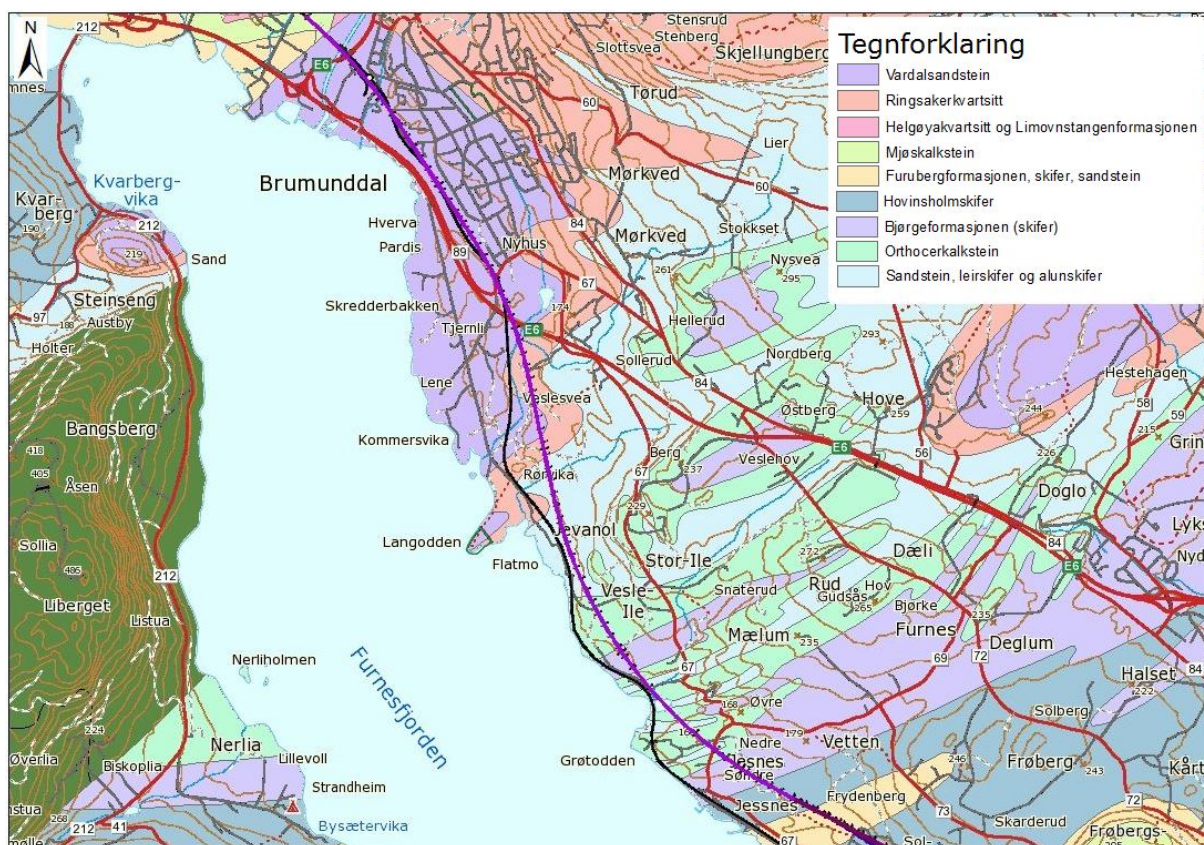
Figur 5: Berggrunnskart Sørli-Ottestad (NGU) 1:250000 [4]



Figur 6: Berggrunnskart Ottestad-Åkersvika (NGU) 1:50000 [4]



Figur 7: Berggrunnskart Hamar-Jessnes (NGU) 1:50000 [4]



**Figur 8: Berggrunnskart Jessnes-Brumunddal (NGU) [4]**

Figur 9, Figur 10 og Figur 11 viser typiske bilder av bergmassen som påtreffes i planområdet.



**Figur 9: Bilder av kalkstein. Bilde til venstre er tatt i Åkersvika i Stange kommune og bilde til høyre fra Hamar sentrum mellom CC Stadion og Sykehuset Innlandet.**



Figur 10: Typisk veksling mellom skifer og kalkstein. Bildene er tatt langs dagens jernbane parallelt med alternativene K1-2b og K1-3b og Nordviksvegen i Hamar sentrum.



Figur 11: Bilde av kalkstein i bruddet i Furuberget (bilde til høyre) og kalkrik skifer langs veien inn til bruddet (bilde til venstre).

### 2.3.2 Generelt om kambro-siluriske sedimentære bergarter

De kambro-siluriske sedimentære bergartene i Oslofeltet strekker seg fra Brevik i sør og nordover til Mjøsa omgitt av prekambriske gneisbergarter på begge sider.

Sedimentbergartene er inndelt i ti etasjer, og hver etasje er igjen inndelt i underetasjer. Inndelingen og navngivingen av etasjene er basert på lokaliteter i Oslo-Røyken. På Hadeland og i Hamarregionen kan etasjene ha lokale navn, se Tabell 2. Etasjeinndelingen er basert på fossilinnhold, men den faller ofte sammen med bergartsgrenser. Nederst i lagrekken ligger etasje 1, 2a-2c og 3a $\beta$  den såkalte alunskiferformasjonen. Alunskiferformasjonen har høyt potensial for syredannelse og høyt innhold av tungmetaller og er radioaktiv. Etasje 2a-c er mer aggressiv enn etasje 3a $\beta$ . På toppen av alunskiferformasjonen påtreffes etasje 3a $\gamma$ , Bjørkåsholmen-formasjonen som består vesentlig av kalkstein. Etasje 3b $\alpha$ , Hagabergformasjonen består av grå og svart skifer med mulig potensiale for syredannelse og varierende innhold av tungmetaller. Etasje 3b $\beta$ , Galgebergformasjonen består av svart skifer med moderat til lavt potensiale for syredannelse og varierende innhold av tungmetaller. Etasje 3c Huk (lokalt Steinformasjonen) består av Ortocerkalkstein som vurderes ikke til å ha potensial for syredannelse. Etasje 4a $\alpha$  Elnes (lokalt Bjørgeformasjonen) består av grå-svart til grå leirskifer som inneholder noe sulfider, og er i Miljødirektoratets veileder M310 karakterisert med lavt potensiale for syredannelse [5]. Erfaringer fra byggeprosjekter for Hamar viser at det er svelling og skader på konstruksjoner. Dette kan skyldes nedbryting av sulfider som igjen gir syredannelse. Resten av etasje

4 består av grå leirskifer, knollekalk og kalkstein. Tykkelsen på enkelte etasjer er forskjellig og kan også variere fra distrikt til distrikt.

### 2.3.3 De dominerende bergartene i planområdet

De dominerende geologiske formasjonene i planområdet har skifre fra etasje fire i lagrekken for de kambro-siluriske skifrene som ligger i veksling med kalkstein. Det er Bjørgeformasjonen (Elnes 4aα) nederst, Hovinsholmformasjonen (Vollen 4aβ) og på toppen i Hamarområdet ligger skiferen i Furubergformasjonen (Arnestad 4bα). Bjørgeformasjonen består av de to skiferne Didymograptus-skifer og Ogygiocarisskifer. Disse er organrike og mørk i fargen. Hovinsholmformasjonen har en grå leirskifer som ligger i veksling med kalkstein og spredte kalkknoller. Tykkelsen på lagpakken er minst 75 meter. Furubergformasjonen består av en grå/grønn leirskifer med kalkstein og en kalkrik siltstein. Disse formasjonene er plassert i rød firkant i Tabell 2 under. Noe av leirskiferen karakteriseres som svartskifer/alunskifer etter innholdet av organisk karbon, sulfidmineraler, tungmetaller og uran.

**Tabell 2: Lagrekken i kambro-silurskifrene, rød firkant rundt de dominerende skifrene i planområdet. Svarte leirskiferhorisonter er uthevet (mørk grå), mens mulig forekomst er merket med lysegrå.**

Etasje	Oslo-Asker Formasjon	Hadeland Formasjon	Hamar Formasjon	NGU inndeling på kart	Mektighet (m)	Alder	
4d				Oslo		Sen ordovicisk	471-443 mill. år
4cα	Venstøp	Lunner*		Oslo	Oslo 7-10m Lunner fm <185m	Midt ordovicisk	
4bδ	Solvang			Oslo	12-20		
4by	Nakkholmen			Oslo	13-20		
4bβ	Frognerkilen			Oslo	10-20		
4bα	Arnestad	Arnestad/Furuberg	Arnestad/Furuberg	Oslo	22-40		
4aβ	Vollen		Vollen/Hovinsholm	Oslo	> 45		Tidlig Ordovicisk
4aα	Elnes	Elnes	Elnes/Bjørge	Oslo	60-80		
3c	Huk3	Huk3	Svartodden	Røyken	2-5 m		
3cβ	Huk2	Huk2	Herran/Stein	Røyken	2-5 m		
3cα	Huk1	Huk1		Røyken	2-5 m		
3bβ	Galgeberg	Galgeberg	Galgeberg	Røyken	5-10 m		
3bα	Hagaberg	Hagaberg	Hagaberg	Røyken	3-8 m		
3ay	Bjorkåsholmen	Bjorkåsholmen	Bjorkåsholmen	Røyken	1-2 m		
3aα, 3aβ	Alunskifer-3	Alunskifer-3	Alunskifer-3	Røyken	~80 m men stor variasjon	Sen kambrium	501-488
2a-2c	Alunskifer-2	Alunskifer-2	Alunskifer-2	Røyken			
1	Alunskifer-1	Alunskifer-1	Alunskifer-1	Røyken			
	-	-	Biri Brøttum	Biri Brøttum	1500 m	Eokambrium	<542

### 2.3.4 Svartskifer

#### Svartskifer/alunskifer i Oslofeltet

I lagrekken av leirskifer i Oslofeltet er alunskifer den mest kjente syredannende skiferbergarten. Forekomst av alunskifer i grunnen har ofte vært ensbetydende med store kostnader, bygningskader, miljørisiko og spesielle krav til deponi. Alunskifer tilhører en bestemt formasjon i Oslofeltets kambro-siluriske lagrekke av skiferbergarter, nemlig Alunskiferformasjonen (etasje 1-3aβ). Men svarte leirskifer med potensielt syredannende egenskaper påtreffes også i andre formasjoner (nivåer) i lagrekken.

Svarte leirskifer fra den geologiske tidsepoken kambro-silur har vanligvis et visst innhold av kullforbindelser (organisk karbon TOC) og et høyere innhold av sulfidmineraler, tungmetaller og uran.

Det er vanligvis mengden av organisk karbon, sulfidmineraler, tungmetaller og uran som avgjør om skiferen klassifiseres som alunskifer eller svartskifer.

Tabell 3 under er hentet fra Miljødirektoratets veileder M310 og viser en sammenligning av ulike svartskifer/alunskifer i Oslofeltet. Den røde linjen viser den potensielt syredannende skiferen som det forventes å finne mest av i skjæringer og tunneler.

**Tabell 3: Egenskaper og potensielt skadeomfang for leirskifer som kan påtreffes i Oslofeltet [5]**

Leirskifer	lav pH	svelleskade	radon	uran	styrke
Alunskifer	****	****	****	***(*)	*
Galgeberg Oslo	*(*)	*(*)	***	**	**
Galgeberg, Gran	*	(*)	***	**	*(*)
Elnes Oslo	*	*(*)	*(*)	*	**
Elnes Hamar	*	*(*)	*(*)	*	*
Brøttum/Biri	*(*)	*(*)	*(*)	*	*

#### Alunskifer/svartskifer i Hamarregionen

På berggrunnsgeologisk kart fra Hamar er Alunskiferformasjonen (1-3aβ), Bjørkåsholmen (3aγ), Hagaberg (3bα) og Galgeberg (3bβ) slått sammen i geologisk enhet nr. 11, og beskrevet som sandstein, leirskifer, alunskifer fra kambrium-nedre ordovicium. På kartet er Steinformasjonen (Huk 3c) og Bjørgeformasjonen (Elnes 4aα) adskilt som egen enhet med egen farge. Det at alunskifer ikke er differensiert som egen geologisk enhet, men sammen med kalkstein, grå- og svartskifer gir noen utfordringer ved feltarbeid og geologisk kartlegging.

Svartskifer og alunskifer er registrert i Hamar og Stange kommune. Basert på analysene av svartskifer som dette prosjektet har oversikt over er det sannsynligvis svartskifer fra «Bjørgeformasjonen» (Elnes 4aα) på strekningen. Denne skiferen i Oslofeltets lagrekke er i miljøverndepartementets veileder beskrevet som litt syredannende. Innholdet av magnetkis kan være styrende i forhold til hvor syredannende bergarten kan bli.

## 2.4 Skred

Det er ifølge Skrednett ikke skredterreng fra Sørli til Brumunddal. Aktsomhetskart for skredfare fra skrednett.no (NVE) viser kun skredfare i mindre områder ved dagens linje rundt Furuberget. Her er det aktsomhetsområde for snøskred (rødt) i lia over dagens linje og jord-flomskred (brunt) merket inne i kalksteinsbruddet. Figur 12 viser aktsomhetsområde for skred og ras mellom Sørli og Brumunddal. Utfordringer angående nedfall på spor vil være i forbindelse med skjæringer og tunnel.



**Figur 12: Aktsomhetskart for skred og ras ved Furuberget. Aktsomhetsområdet for snøskred (rødt) og jord-flomskred (brunt) [6]**

### 3 HYDROGEOLOGI

Hydrogeologien beskrives på en forenklet måte siden det ikke er utført noen hydrogeologiske undersøkelser eller befaringer i området. Beskrivelsen bygger på de geologiske og hydrologiske forholdene i området. De geologiske forholdene er beskrevet i kapittel 2 og kapittel 4. De hydrologiske forholdene er belyst ved hjelp av informasjon hentet fra NVE.

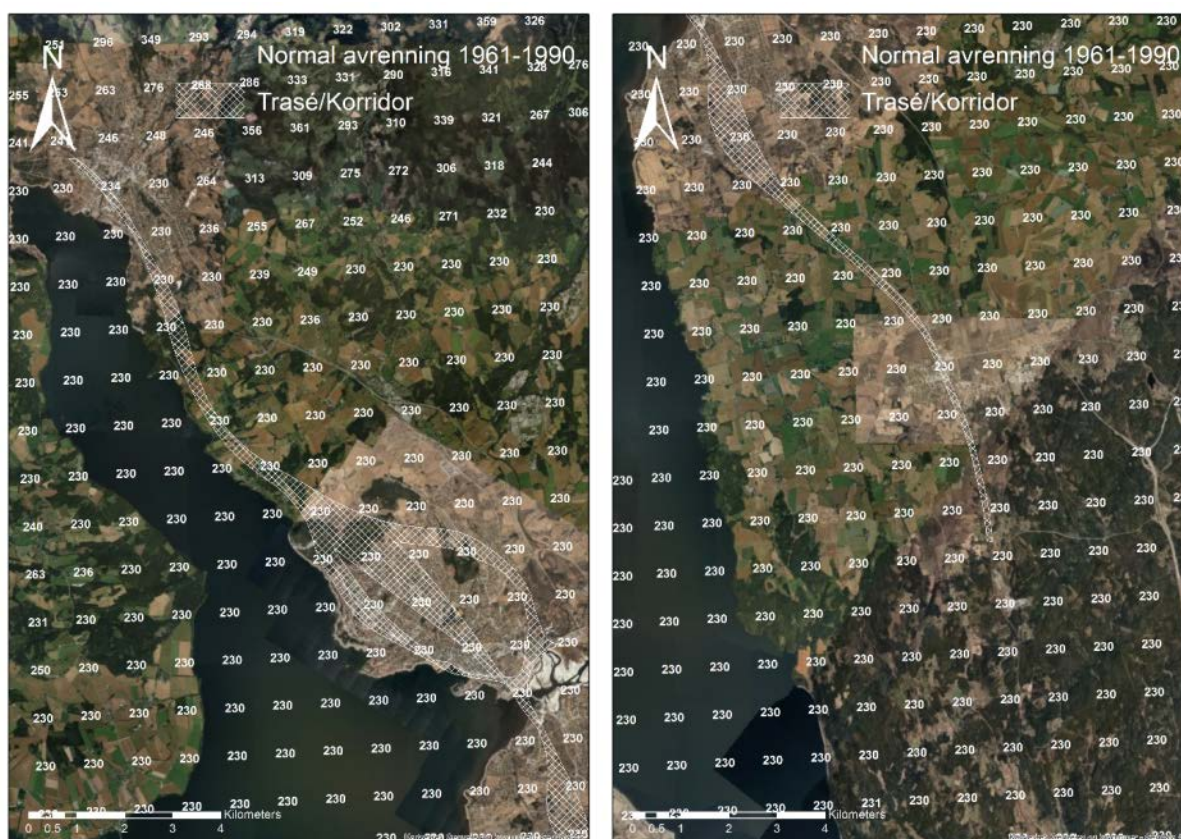
#### 3.1 Hydrologi

Det er to hydrologiske komponenter som er viktige i forbindelse med en hydrogeologisk vurdering.

1. Estimering av grunnvannsdannelse i området.
2. Elvenettverket og eventuelt størrelsen på de lokale nedbørfeltene.

Disse to komponentene gir oss informasjon om vannbalansen i området og gir en generell indikasjon på hvordan grunnvannet beveger seg i området.

Grunnvann er en fornybar ressurs og en vannbalanseanalyse kan gi størrelsesorden på grunnvannsdannelsen i et område. En enkel måte å utføre en slik analyse på er å bruke NVEs modellbaserte estimater for normal avrenning. NVEs modell deler Norge opp i celler med dimensjoner 1 km x 1 km og beregner vannbalansen for hver celle på en daglig basis. Gjennomsnittlige årlige avrenningsestimater danner grunnlaget for kartet «Normal avrenning 1961-1990». Et utsnitt av dette kartet for traséområdet er vist i Figur 13. Tallene på kartet representerer gjennomsnittlig avrenning angitt i mm/km<sup>2</sup> per år.



Figur 13: Årsavrenning 1961-1990 fra NVE [7]

Disse tallene er korrigert for evapotranspirasjon og markvannsmagasiner og uttrykker dermed maksimum grunnvannsdannelse i området (grunnvannsdannelse uten overflateavrenning). NVEs estimater ser ut til å ligge på 230 mm/km<sup>2</sup> per år langs hele traséen. Grunnvannsdannelsen har en lav verdi i området. Dvs. at en tunnelstrekning som er 100m lang med et influensområde på 100m fra tunnelen (200 m totalt) vil ha en grunnvannsfornyelse på ca. 8,75 l/min og dermed vil en

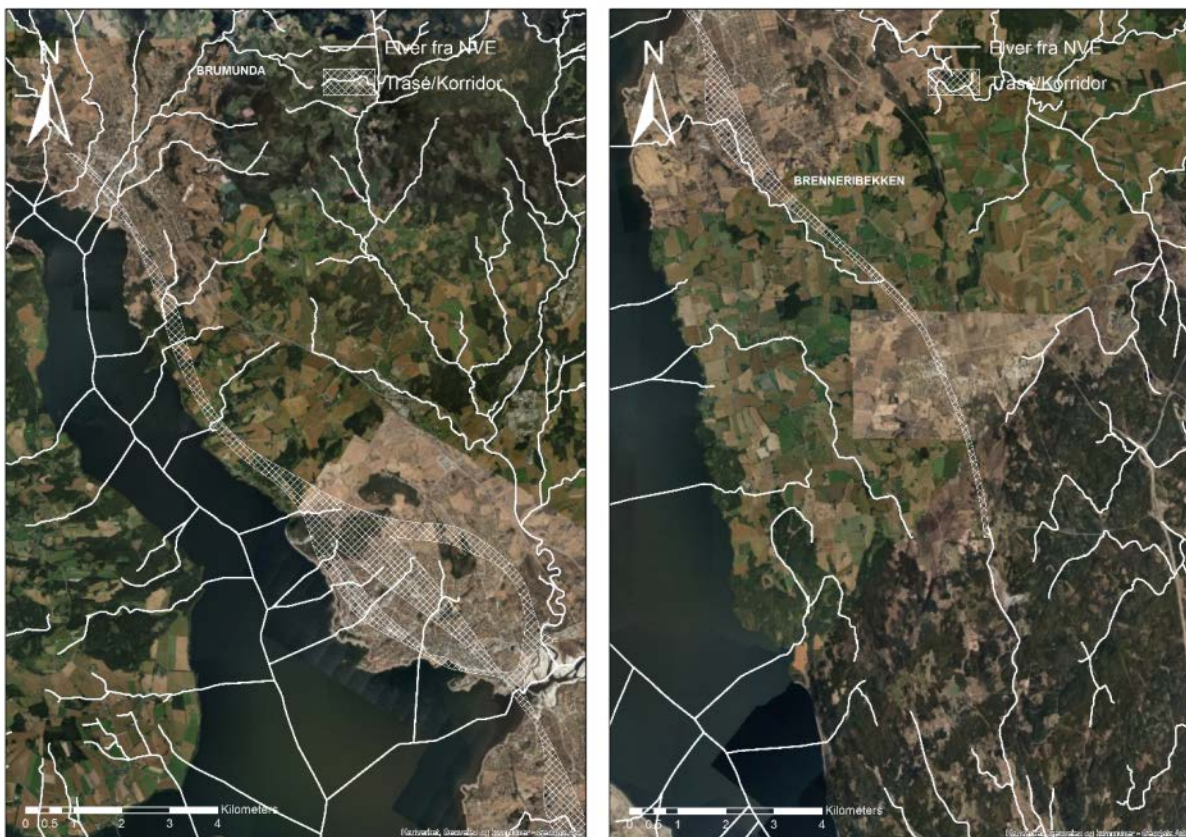


tunnellekkasje større enn 8,75 l/min per 100m tunnel føre til en permanent senkning av grunnvannstanden rundt tunnelen. Dette er et grovt estimat, men det indikerer at moderate lekkasjer ikke vil bli kompensert av grunnvannsdannelsen i området, med mindre man øker influensområdet til 200 til 300 m fra tunnelen.

Grunnvann er i varierende grad i hydraulisk kommunikasjon med lokale elver og bekker. Som regel strømmer grunnvann mot den nærmeste elven/bekken og forsyner dem med vann. Denne kommunikasjon kan skape flere problemer i områder hvor traséen skal krysse over elver og bekker spesielt om traséen legges i skjæring. Endringer i elvene/bekkene vil føre til tilsvarende endringer på grunnvannsstanden.

Figur 14 viser alle elvene og bekkene slik de er registrert i NVEs Elvis-database. Databasen er ikke uttømmende. Det finnes flere små bekker som ikke er registrert. Plasseringen av elveløpene er ikke alltid god og flere av dem er ikke alltid oppdatert etter tiltak som har endret dem.

Det er to bekker som er av spesiell interesse i prosjektet. Brenneribekken i Ottestad-Gubberud-området og Brumunda i Brumunddal. Kryssing av disse to bekkene vil kreve omfattende tiltak siden traséen ligger under vannstanden i bekkene.

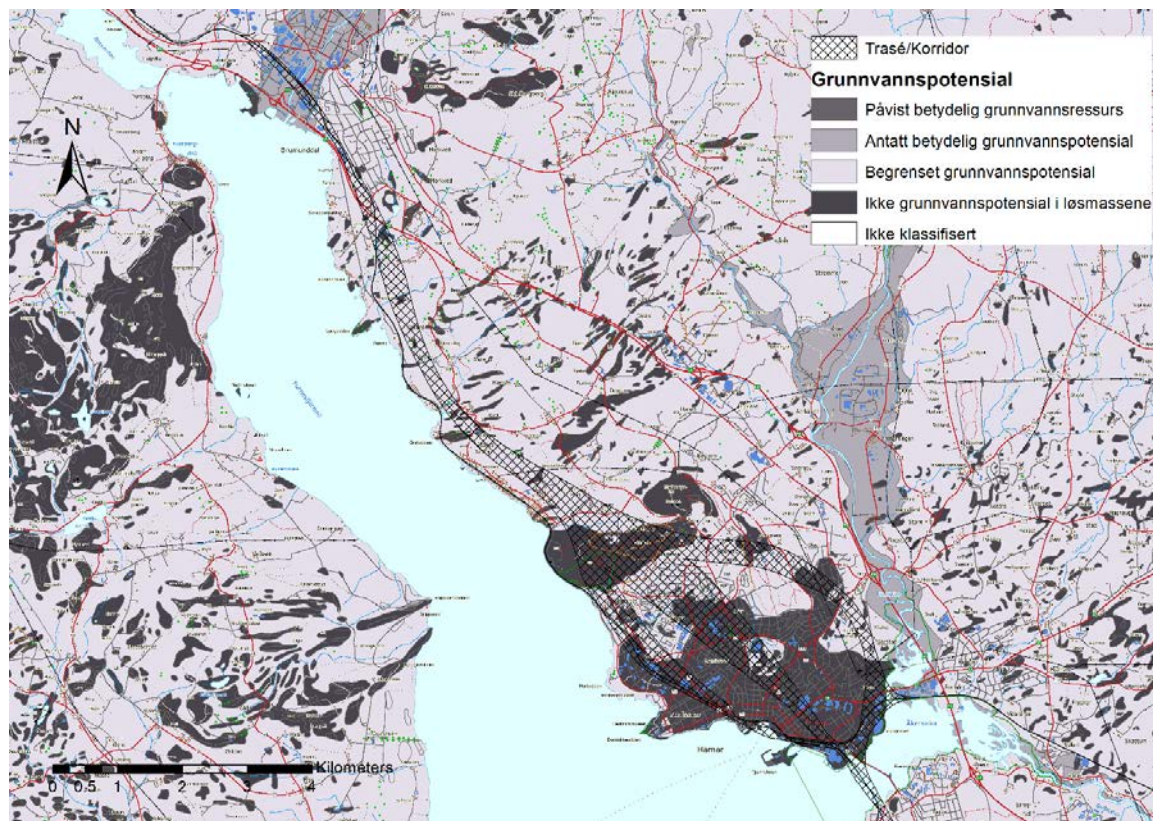


Figur 14: Elver og bekker ifølge NVEs Elvis-database [7]

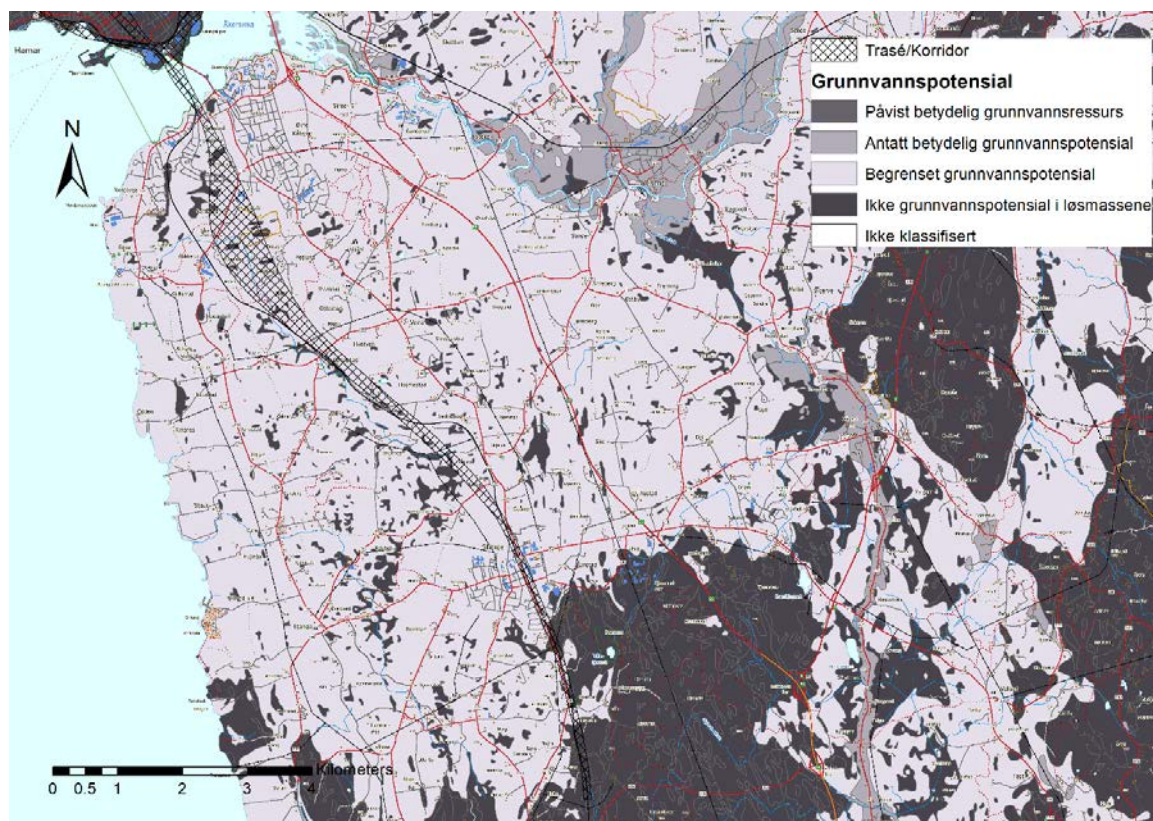
### 3.2 Tilgjengelige hydrogeologiske data

Kvartærgeologisk kart er presentert i figur 4 og løsmassene er beskrevet i kapittel 2.2. Fra et hydrogeologisk perspektiv er det grunnvannspotensialet som er mest relevant. NGU-kart med grunnvannspotensial er vist i Figur 15 og Figur 16. Morener har generelt sett et begrenset grunnvannspotensial som gjelder for store deler av traséen. Dette burde ikke tolkes som om det ikke finnes grunnvann i disse områdene men at grunnvannsforekomsten ikke er sammenhengende og dermed dårlig egnet til bærekraftig produksjon av vann. Det er ikke registrert noen løsmassebrønner i morenene langs traséen. Myrområdene og fyllmassene i Hamar er registrert som «ikke grunnvannspotensial i løsmassene» i NGUs vurdering. En slik vurdering er ikke nødvendigvis riktig for områder med fyllmasser i urbane områder. Under fyllmassene kan det hende at det finnes masser

med betydelig potensial men dette er ikke tilfellet i Hamar hvor de underliggende massene er morene med begrenset mektighet.



Figur 15: Grunnvannspotensial vurdert av NGU [4]



Figur 16: Grunnvannspotensial vurdert av NGU [4]

Fra NGUs brønndatabase Granada kan man også hente inn informasjon om brønnene i området. Alle brønnene som er etablert langs traséen er fjellbrønner unntatt tre brønner i Brumunddal som er i løsmasser. To er registrert som sonderingsboringer og en som vannforsyningsbrønn.

Alle fjellbrønner som er registrert i Granada må oppgi dybde til fjell, ofte avrundet til nærmeste halvmeter. Registrert dybde til fjell vises i Figur 17. For noen fjellbrønner er det også registeret stabil vannstand etter boring, som vist i Figur 18. Brønnene i Granada kan være opp til 500m feil posisjonert. Dette er ikke uvanlig for gamle brønner. Nyere brønner burde ikke ha feil større enn 20 til 50 meter. Som regel er det nødvendig å bekrefte brønnenes plassering. Figurene viser ikke alle brønnene som er registrert i databasen.



Figur 17: Dybde til fjell. Tallene er hentet fra NGUs brønndatabase Granada og viser dybde til fjell avrundet til nærmeste halve meter. Tallene er plassert rett over posisjonen av brønnene [4]



**Figur 18: Vannstand. Tallene er hentet fra NGUs brønndatabase Granada og viser stabil grunnvannstand etter boring avrundet til nærmeste halve meter. Tallene er plassert rett over posisjonen av brønnene [4]**

Berggrunnsgeologi er beskrevet i kapittel 2.3 og har stedvis en komplisert struktur med vekslende lag av skiferbergarter, kalkstein og sandstein med varierende mektigheter, påvirket av forkastninger og foldninger. Grunnvannet befinner seg hovedsakelig i sprekker selv om sandsteinene lokalt kan ha en moderat primær permeabilitet. Sprekkesystemet i skifrige bergarter har en moderat til lav vannføringsevne med noe unntak av kalksteinene som kan gi en økt vannføring i kontaktsoner med underliggende skifer. Dette kan skyldes at karst-lignende sprekkesystemer er utviklet i kalksteinslagene, men dette er ikke bekreftet med målinger. Man kan forvente en økt vannføring i svakhetssoner.

### **3.3 Hydrogeologisk vurdering**

For å utføre en forenklet hydrogeologisk vurdering er strekningen fra Sørli til Brumunddal delt opp i tre delstrekninger.

- Sørli-Ottestad-Åkersvika. Omfatter strekningen sør for Hamar
- Åkersvika-Jessnes. Omfatter Hamar sentrum og Furuberget
- Jessnes-Brumunddal. Omfatter strekningen nord for Hamar.

#### **3.3.1 Sørli-Ottestad-Åkersvika**

Det finnes hovedsakelig tre problemstillinger for strekningen mellom Sørli og Åkersvika som er knyttet til de stedlige hydrogeologiske forholdene:

- Grunnvannsinnsig i skjæringene.
- Uttørring av myr i eller nær skjæringene
- Endring av grunnvannstand pga. tiltak i Brenneribekken

Morenen i området danner ikke en sammenhengende grunnvannsforekomst og dermed er det ikke forventet at store mengder grunnvann skal dreneres i skjæringene. Løsmassene og myrene langs traséen kommer til å tørke ut noe. Konsekvensene betraktes som moderate til lave, men uten flere undersøkelser kan man ikke utelukke at på enkelte steder blir influensområdet noe større. Endring av grunnvannstanden vil påvirke grunnvannsbrønner som er nærmere traséen enn 100 m. Alle brønner i nærhet av traséen er energibrønner i fjell og sannsynligheten for betydelig redusert energikapasitet er liten.

#### **3.3.2 Åkersvika-Jessnes (Hamar sentrum og Furuberget)**

I urbane områder er det normalt å vurdere om endringer i grunnvannsforholdene kan føre til setningsskader eller påvirke det ytre miljøet på en negativ måte.

Generelt sett er grunnvannsforeholdene i Hamar sentrum uproblematisk. Det finnes ikke en sammenhengende grunnvannsforekomst. Dybden til fjell varierer betraktelig. Noen steder er det fjell i dagen, mens for det meste er det overdekket med fyllmasser. I dypere renner finnes det morener som er overdekket med fyllmasser.

Alle traséene som vurderes på denne strekningen inkluderer tunnelløsninger. De må gjennom flere svakhetssoner og bergarter som ofte er oppsprukket. Tunnellekkasjer med tanke på setningsskader ser ikke ut til å være et problem i området. Fra et ytre miljø-perspektiv er myrene i Furuberget sårbare og dermed må det forventes at strenge innlekkasjekrav må implementeres.

Spesielle problemer oppstår i forbindelse med utgravinger i påhuggsområder. Ved påhugg og byggeprosjekter i svartskifer/alunskifer må ikke bergartene tørkes ut i løpet av anleggsperioden. Dette vil kreve at grunnvannsinnsig i påhuggsområdene må begrenses og tiltak må implementeres for å sikre at grunnvannstanden opprettholder en bestemt grenseverdi i området.

Det er også rapportert at noen eiendommer i Hamar sentrum er fundamentert på myr som kanskje vil bli påvirket av anleggsarbeidene. Fundamentering på myr er meget problematisk, fordi en liten senkning av grunnvannstanden kan føre til setningsskader. Overvåking av grunnvannsstand i disse områdene vil være nødvendig.

Det finnes mange titalls energibrønner etablert i Hamar sentrum. Senkning av grunnvannstand over tunnelene vil påvirke disse brønnene. Brønner som ligger nærmere enn 100m fra tunnelen vil sannsynligvis få et redusert energiuttak.

### 3.3.3 Jessnes-Brumunddal.

Følgende problemstillinger skal vurderes:

- Grunnvannsinnsig i skjæringene.
- Uttørring av myr i eller nær skjæringene
- Påhugg Jessnes
- Endring av grunnvannstand pga. tiltak i Brumunda i urban område.

Det er ikke forventet at store mengder vann skal dreneres i skjæringene. Morenene har større mektigheter i denne strekningen enn sør for Hamar. Det er forventet at skjæringene vil ha et større influensområde. Omfanget på løsmassene og myrene som skal tørkes ut vil være noe større enn for strekningen Sørli – Åkersvika. Konsekvensene betraktes som moderate til lave, men uten flere undersøkelser kan man ikke utelukke at influensområdet blir noe større på enkelte steder.

I Brumunddal kommer traséen til å krysse over Brumunda. Det er knyttet utfordringer til kryssing av Brumunda. Det foreligger planer for Brumunda som er planlagt gjennomført i 2016. Det er vurdert tiltak som senking av Brumunda i forbindelse med at spor krysser elva. Slike endringer vil forplante seg i grunnvannet og vil sannsynligvis påvirke et stort område rundt Brumunda. Per i dag har man ikke nok informasjon til å vurdere konsekvensene av en slik senkning.

## 3.4 Videre arbeid

Det er alltid vanskelig å vurdere grunnvannsforholdene i et område når man mangler viktig informasjon. Siden det er lite informasjon om grunnvannstanden i området er man nødt til å vurdere forholdene på en generell måte. Grunnvannsinnsig i skjæringer burde for eksempel vurderes i forhold til lokal grunnvannstand. Generelt er grunnvannsinnsig forventet å være større i en skjæring på 5 meter i forhold til en som kun er 3 meter høy, men det er den lokale grunnvannstanden som er avgjørende. Hvis grunnvannstanden ligger på 6 m dyp er grunnvannsinnsig ikke en problemstilling for en skjæring på 5 m.

Det er viktig å påpeke at det er vanskelig å oppsummere de hydrogeologiske forholdene i et område, slik det er forsøkt å gjøre her, når man ikke har utført en detaljert hydrogeologisk vurdering av alle de tilgjengelige geologiske dataene på forhånd. Det er anbefalt å utarbeide hydrogeologiske rapporter hvor de hydrogeologiske forholdene er beskrevet mer detaljert. Dette vil gi et bedre grunnlag til å planlegge fremtidige befaringer og grunnvannsundersøkelser samtidig som det skal produseres dokumenter som kan brukes som referanse i andre rapporter.

Det vil etter hvert bli nødvendig å overvåke grunnvannsstanden i Hamar og Furuberget og sannsynligvis i områder hvor det er planlagt dype skjæringer. Det vil også bli nødvendig å få mer presis informasjon om alle de eksisterende brønnene langs traséen.

## 4 UTFØRTE UNDERSØKELSER

Det er utført flere ulike undersøkelser i forbindelse med IC Sørli-Brumunddal. Blant annet er det gjennomført grunnboringer, elektromagnetiske undersøkelser fra fly og refraksjonsseismikk. Det er også planlagt flere undersøkelser fremover. Dette kapittelet inneholder en beskrivelse av utførte undersøkelser og en kort oppsummering av resultater der dette foreligger.

### 4.1 Tidligere utførte undersøkelser

Det er hentet inn informasjon fra flere andre prosjekter i det aktuelle området for å få en oversikt over grunnforholdene.

Tabell 4 viser en oversikt over noen av prosjektene det er hentet inn informasjon fra. Det er veldig varierende hvilken informasjon som har vært tilgjengelig. I noen tilfeller ble det ikke funnet relevant informasjon om grunnforholdene, mens i andre tilfeller er det for eksempel tilgjengelig data fra grunnboringer.

**Tabell 4: Oversikt over prosjekter som det er hentet inn data fra.**

PROSJEKT	
E6, reguleringsplan Arnkvern – Moelv	Hamar rådhus
Ankerskogen (svømmehall og idrettspark)	Utvidelse av fylkeshuset i Hamar
Hamar OL-amfi	Ny flytebrygge Koigen, Hamar
Hamar OL-amfi rev 01	Storhamargata 42, Hamar
Hamar katedralskole Ringata 20	Vangsveien 185 AS - tilbygg
Ankerskogvegen Boliger	Setningskader AutoPartner, Hamar
Harald Jordkjend	Sagveien 51-53, Hamar
Hamar bryggeri	Hamar Stadion Eiendom AS (Hamar stadion/Fuglesethmyra)
Monter Åkersvikvegen 30	Omsorgsboliger Prestrud
Aslak Bolts gate 48 MAXI	Norsk Tipping AS - Byggetrinn 3
Presterud skole	ASKO Prosjekt 2015
Aslak Bolts gate 40 REMA	Tine Meieriet Brumunddal - Ny tørke
Børstad	Otterstad flerbrukshall
CC Stadion	Steinerskolen

### 4.2 Geologisk kartlegging

Det er gjort flere befaringer på strekningen Sørli – Brumunddal. I første omgang ble det foretatt en overordnet befarings fra parsellstart ved Sørli og nordover til Brumunddal. Hensikten var å få en oversikt over topografien og påhuggsområdene for tunnelene i de ulike korridorene. Befaringen ble gjennomført langs småveier innenfor de ulike korridorene. Senere har det blitt gjort en geologisk kartlegging i de områdene der det er observert berg i dagen, spesielt i de områdene der det er planlagt tunnel eller høye skjæringer. Den geologiske kartleggingen inkluderer registreringer av bergart, svakhetssoner, sprekkeretninger og sprekkeintensitet. Alle sprekkemålinger er gjort etter høyrehåndsregelen. Ved høyrehåndsregelen angis strøket fra 0° til 360° der fallretningen ("nedoverbakken") alltid skal ligge til høyre for strøket. Sprekke målinger og sprekke karakteristikk er nærmere beskrevet i kapittel 2.4. Generelt er det svært få bergblotninger i hele planområdet. Observasjoner i felt viser stor variasjon i bergmassekvaliteten.



#### 4.2.1 Oppsprekking

Berggrunnen i planområdet veksler mellom kalkstein og ulike skiferbergarter. Bilder av typiske bergarter og oppsprekkingen vises i kapittel 2.3. Observert er leirskifere og kalkrike skifere fra de ulike geologiske formasjonene i etasje fire. Lagdelingen utgjør det dominerende sprekesettet i hele planområdet. Tykkelsen på benkningen til kalksteinen er 5 til 50 cm. I tillegg opptrer det et sprekesett vinkelrett på benkningen, samt et subhorizontalt sprekesett som er observert enkelte steder. Det er også observert sporadiske sprekker og flere små deformasjonssoner subparallelt med lagdelingen, ofte i grensen mellom kompetente kalkbenker og mykere skifre.

Der skifer er observert i dagen opptrer denne i kontinuerlige lag med en mektighet som varierer mellom 5 cm og 5 m. Skiferen er skjult under morenemasser og det må forventes at mektigheten på enkelte lag er mye mer enn 5 m. Skifrene er tett oppsprukket og opptrer med blyantstruktur. Oppsprekkingen gjør at skifrene deles opp i «blyanter» som er ca. 5 cm lange og ca. 0,5 til 1,5 cm brede. Det er ikke gjort forsøk på å foreta strøk og fall på denne tette oppsprekkingen.

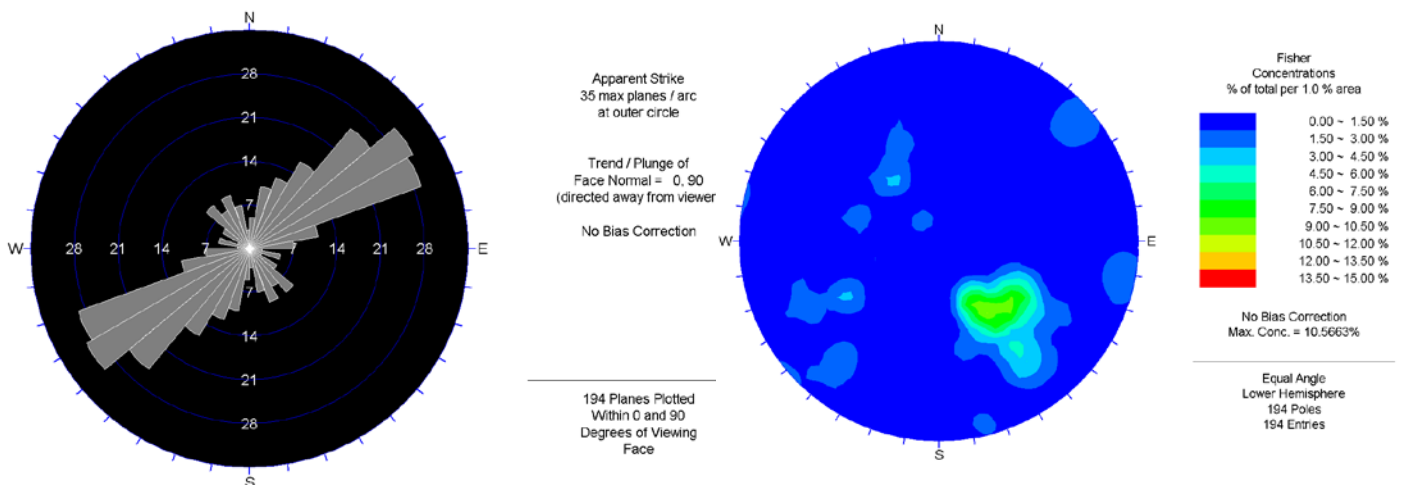
Lagpakken i området er også foldet, noe som gjør at fallet til det dominerende sprekesettet varierer etter hvordan lagningen opptrer i folden. Fallretningen til lagdelingen varierer mellom NV og SØ. Det er trolig flere folder i planområdet enn det som er indikert av sprekkemålingene. Det er observert en tydelig synkinal i Furuberget der fallretningen i bergarten skifter midt i kalkbruddet, med fall mot N sør for bruddet og fall mot S nord for bruddet. Observasjoner og sprekkemålinger av fallretning på lagning like sør for Rådhuset og like nord for CC-Stadion viser at det trolig opptrer en fold (antiklinal) mellom Rådhuset og CC Stadion. Det kan i tillegg være flere folder som ikke er observert.

Det er gjort flest målinger av lagningen. Strøk og fall for hovedsprekesett målt i planområdet er listet opp nedenfor.

1. 235°/40-60° // 55°/40-60°, lagdeling/benkning
2. 150°-170°/60-90°, sprekker

Figur 19 viser sprekkerose og konturplott for alle sprekkemålinger gjort i Stange og Hamar kommune. Vedlegg 1 viser sprekkeroser og konturplott for sprekkemålingene. Det er i tillegg to sprekkeroser fra reguleringsplanen for E6 Arnkvern – Moelv. Disse er fra utvidelse av to eksisterende skjæringer, og er på nåværende tidspunkt de eneste sprekkemålingene fra Ringsaker kommune. Orienteringen til lagdelingen i bergarten er den samme som for resten av planområdet.

Sprekkekarakteristikk er bølget/ru for benkningen og lagdelingen og bølget eller plan/ru for andre sprekker. Enkelte sprekker har kalkspatutfelling. Det er kun ved skjæring langs Sandvikavegen ved Åkersvika at det er observasjoner av sprekkavstand for sprekesett 2. Typisk sprekkavstand for sprekesett 2 er 1-1,5 meter, dette er målinger i kalkstein med et skifrig preg. Det vises til Figur 6 og Figur 7 for områder der det er gjort sprekkemålinger.



Figur 19: Sprekkerose og konturplott for alle sprekkemålingene i Stange og Hamar kommune

## 4.3 Geofysiske undersøkelser

### 4.3.1 AEM

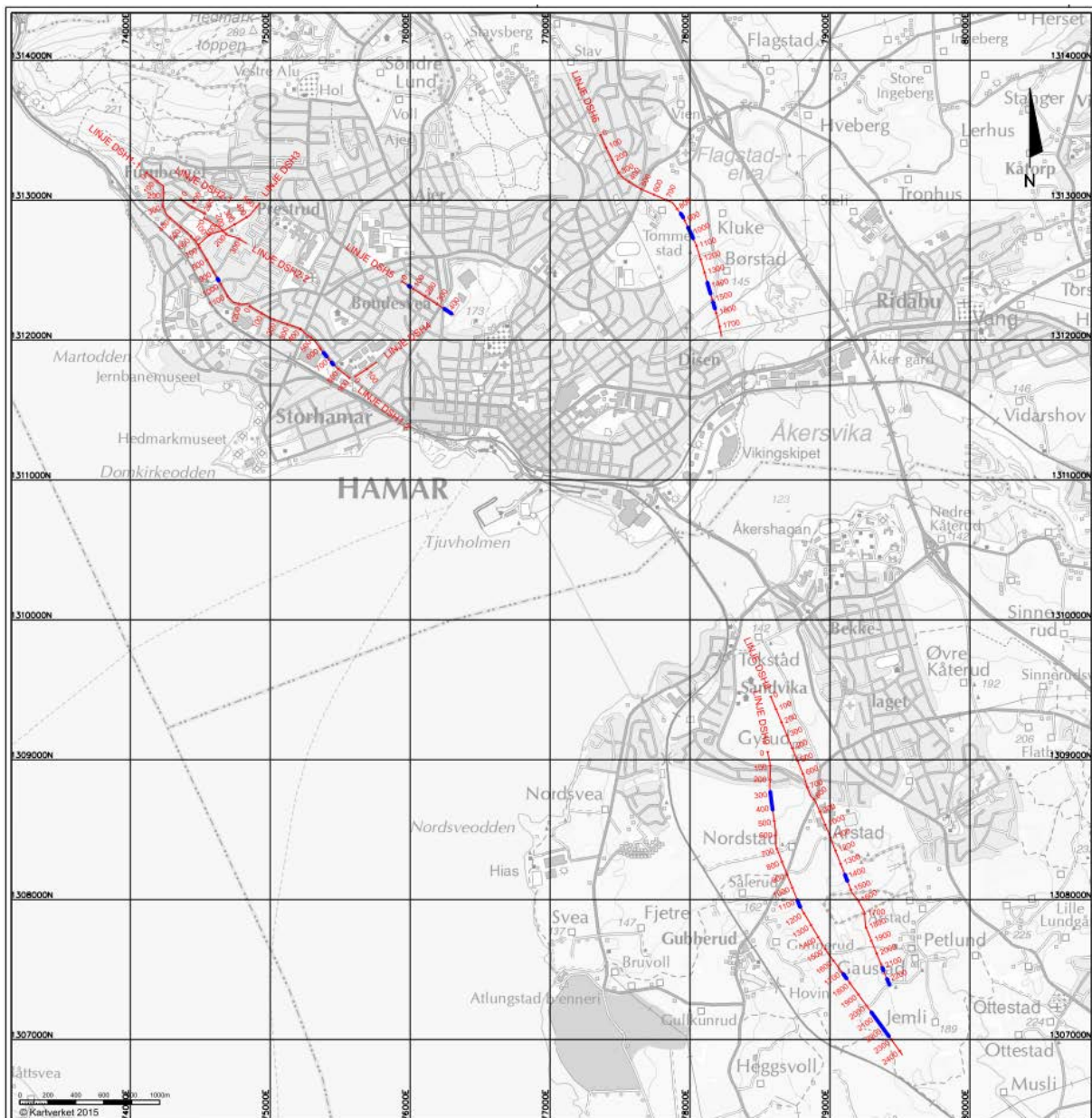
Det ble i juli 2015 utført resistivitetsmålinger fra lufta (AEM) for å kartlegge grunnforholdene. Resultatene fra AEM-undersøkelsene ble prosessert, og basert på resultatene ble det tolket en øvre og nedre bergoverflate i det undersøkte området. I følge NGIs rapport er det sannsynlig å påtreffes berg i dette antatte intervallet [8].

Data fra de ulike grunnundersøkelsene er blitt gjennomgått, og flere profiler viser en relativt stor spredning i tolket bergforløp i de ulike undersøkelsene. Generelt er det ca. 5-10 m avstand mellom øvre og nedre tolkning av bergoverflate fra AEM. I tillegg kommer øvre og nedre tolkning av bergoverflaten fra seismikken samt resultatene fra grunnboringene.

Flere steder ligger øvre tolkning fra AEM over terrengnivået. Dette tilsier i utgangspunktet at det i disse områdene er berg i dagen, men dette stemmer ikke. Nedre tolkning fra AEM-dataene ligger dypt sammenlignet med tolkninger av seismikk og grunnboringene. Basert på dette anses ikke AEM-dataene å være egnet til å vurdere hvor bergoverflaten ligger i det aktuelle området. For å få fram bergoverflaten med AEM-undersøkelser må det være en kontrast mellom motstanden bergarten og de overliggende løsmassene. Problemet for planområdet er at bergartene er sedimentære og har ganske like egenskaper som morenen. Skal AEM-dataene kunne benyttes bør de prosesseres og bearbeides ytterligere, blant annet ved korrelasjon mot data fra seismikk og grunnboringer. Dette er ikke gjort på nåværende tidspunkt.

### 4.3.2 Refraksjonsseismikk

Det ble i perioden 1.-30. september 2015 utført refraksjonsseismikk langs utvalgte linjer i Hamar og Stange. Det er gjort seismikk over Bekkelaget i Stange kommune og i Hamar sentrum i områder der det vil være skjæring eller tunnel. Figur 20 viser et oversiktsbilde over seismikklinjene. Rapporten fra de seismiske undersøkelsene er lagt ved som vedlegg 2. Som kilde for de seismiske signalene ble det benyttet dynamitt eller hammer. Det ble benyttet hammer som kilde langs noen av linjene i Hamar sentrum. Hammer kan benyttes uten risiko for skader på kabler, veier og lignende. Dynamitt gir derimot en større energiutladning noe som gir et kraftigere signal i retur. Det er derfor benyttet dynamitt som kilde der det var mulig.



**Figur 20: Oversiktskart som viser linjene det er utført seismikk langs. Partiene som er tolket som svakhetssoner er markert med blått.**

Det er utført åtte seismiske profiler langs og på tvers av tunnelkorridorene. Seismiske profiler DSH1-1 og DSH1-2 er to 912-1275 m lange profiler som er utført på langs mellom eksisterende jernbanelinja og korridor 1. Seismisk profil DSH2-1 og DSH2-2 er to små 219-362 m lange profiler som ligger langs NV-enden av korridor 1. Linje DSH3 er et 191 m profil utført på tvers imellom eksisterende jernbane og korridor 1. Profil DSH4 er en 446 m profil utført i NV enden på tvers mellom korridor 1 og 2. Profil DSH5 er en 400 m profil som ligger langs korridor 2. Profil DSH6 er en 1760 m profil som ligger langs korridor 3.

Området er preget av morenedekke over bergoverflaten, samtidig som det til dels er dårlig bergmassekvalitet med mye skifrige bergarter. Dette har til dels gjort det utfordrende å tolke overgangen mellom løsmasser og berg.

Ved vurdering av resultater fra seismikken er bergoverflaten tolket til å ligge der hastigheten er 2000 m/s. Det er flere lavhastighetssoner med hastigheter under 3000 m/s nedover i dypet. Disse sonene er tolket som svakhetssoner. De tolkede svakhetssonene er markert med blått i Figur 20.

### Svakhetssoner

Tolkede svakhetssoner fra refraksjonsseismikken (se kapittel 4.3.2) ser ut til har samme orientering som lagdelingen og benkningen i bergmassen fra observasjoner gjort i felt og kartgrunnlag.

Det er flere partier med lavhastighetssoner som trolig er knusningssoner eller steder med skiferbergarter med dårlig kvalitet. Skifrene er tett oppsprukket og har dårlige bergmekaniske egenskaper noe som kan medføre at de fremstår som lavhastighetssoner på refraksjonsseismikken.

I Stange kommune er det tolket en svakhetssone i skjæringen vest for Ottestad og Arnstad skole. Her er det en lavhastighetssone på nesten 150 meter som bergskjæringa gjennom Bekkelaget vil krysse.

I Hamar sentrum er det to lavhastighetssoner langs korridor 2. Den største er nordvest i Ankerskogen ved Grevelokka skole og Ankerskogen svømmehall den er i underkant av 100 meter lang. Den andre er en mindre sone, rundt 300 meter lengre nordvest. Korridor 1 har en lengre strekning ved Stormyra med 150 meter med lav seismiskhastighet. Det er i tillegg en sone i underkant av 20 meter i kornsilovegen ved Narmo betong. Ved Prestrud er det et lavbrekk med noe større dybde til berg i totalsonderingene og antydninger til lavere seismiskhastighet. Refraksjonsseismikk langs korridor 3 har indikert enkelte mindre lavhastighetssoner i området hvor traséen går i dagen.

Det opptrer en forsenkning i terrenget ved Presterud og her er løsmassemektigheten tykkere enn omliggende område. Det er ikke vist lavhastighetssoner her, men på grunn av forsenkningen i terreng og bergoverflaten kan det opptre en dårligere sone her. Presterud ligger i korridor vest og er aktuell for K1-2b og K1-3b.

## **4.4 Grunnboring**

Det er utført grunnundersøkelser i form av totalsonderinger og enkelte prøveserier i planområde Sørli-Brumunddal. Det er så langt utført ca. 240 totalsonderinger etter innspill fra Jernbaneverket og Rambøll Sweco ANS. Totalsonderingene utføres for å kartlegge løsmassenes egenskaper og dybde til berg langs de ulike korridorene. I områder med påhugg og lavbrekk i terrenget utføres totalsonderinger for å kartlegge bergoverdekning over planlagte tunneler. Enkelte av boringene er også et supplement til tolkningen av refraksjonsseismikken som er gjort ved Bekkelaget og Hamar sentrum. De aller fleste av boringene er boret 3 meter i berg for sikker dokumentasjon av bergoverflaten og for å utelukke at boringene stopper enten i en stor blokk eller større blokker.

For strekningen Sørli – Åkersvika er det to totalsonderinger i forbindelse med refraksjonsseismikken og ni totalsonderinger for vibrasjonsmålinger ved Stange sentrum og ved Gubberud. Det er tidligere også gjort totalsonderinger ved Bekkelaget og over Åkersvika. Resultater fra grunnundersøkelsene er implementert i InfraWorks modellen.

I Hamar sentrum er det gjort totalsonderinger i alle de tre korridorene. For korridor 1 er det gjort boringer fra stasjonsområdet og fram til Furuberget. Langs korridor 2 er totalsonderingene sentrert fra kryssingen av Åkersvika og til stasjonsområdet ved rådhuset og CC Stadion, samt påhuggsområdet og den første kilometeren av tunnelen. Korridor 3 har totalsonderinger fra passering Vikingskipet og opp til påhugg bergtunnel. For strekningen Jessnes til Brumunddal er det gjort totalsonderinger med hovedvekt på områdene ved påhuggene for korridorene etter Furuberget ved Jessnes.

Det er i tillegg til disse totalsonderingene på land gjort boringer fra flåte over Åkersvika og vika mellom dagens stasjonsområde og Høiensalodden.

For mer utfyllende beskrivelse og resultater henvises det til geoteknisk rapport [3].

## **4.5 Kjerneboring**

Det er foreslått 11 kjerneboringer for å få bedre oversikt over svartskifer/alunskifer. Enkelte av kjerneboringene vil også gi verdifull informasjon om eventuelle svakhetssoner som tunneler vil krysse. For Sørli – Åkersvika er det foreslått tre kjerneboringer ved Bekkelaget, disse er i forbindelse med indikasjon på svartskifer/alunskifer. En av kjerneboringene er også i tilknytning til tolket svakhetssone på refraksjonsseismikken. For korridor 1 gjennom Hamar sentrum er det tre kjerneboringer. To av boringene er i forbindelse med lavhastighetssone fra refraksjonsseismikken og en fra indikasjon fra

berggrunnskart og aktsomhetskart for alunskifer fra NGU. Korridor 2 har fem kjerneboringer. Tre av dem bores med et fall på 40 grader som blir boret tilnærmet vinkelrett på lagdelingen, det er også to vertikale boringer over påhugget og stasjonsområdet. Tabell 5 og Tabell 6 viser plassering og orientering av kjerneboringene.

Plassering av kjerneborhull er valgt ut i fra følgende kriterier.

1. Lavhastighetssoner i seismiske profiler.
2. Søkk i terrenget som kan indikere svake bergarter.
3. Områder hvor det er kartlagt svartskifer i byggegroper eller bergblotninger.
4. Områder hvor det er vist sandstein, leirskifer og alunskifer (geologisk enhet nr. 11) på berggrunnsgeologisk kart 1:50.000 Hamar fra NGU.
5. Områder hvor det er vist særlig høy radonaktsomhetsgrad på NGUs farekart.
6. Stasjon og påhuggsområder.

**Tabell 5: Kjerneboringer for korridor K1 Vest, Hamar sentrum og Bekkelaget**

Borhull nr.	Profil nr. K1-A3b	Lengde	Fallvinkel fra horisontal	Retning på borhull	Koordinater, NTM11
K1-1	Ca. 127720	60 m	40°	130°	75243.53 1311964.44
K1-1b	Ca 127550	50 m	40°	130°	75389.48 1311865.28
K1-2	Ca. 127050	50 m	40°	130°	75816.29 1311607.60
K1-2b	Ca 126	40 m	90°		75944.36 1311477.4
K1-3	Ca.123460	20 m	90°		78475.30 1309545.85
K1-4	Ca. 122830	15 m	90°		78581.21 1308935.00
K1-5	Ca. 122640	15 m	90°		78573.81 1308809.39
Totalt		240 m			

**Tabell 6: Kjerneboringer for korridor K2 Midt, Hamar sentrum**

Borhull nr.	Profil nr. K2-A1	Lengde	Fallvinkel fra horisontal	Retning på borhull	Koordinater, NTM11
K2-1	Ca. 127030	85 m	40°	130°	76208.67 1312249.15
K2-2	Ca. 126750	80 m	40°	130°	76471.66 1312106.31
K2-3	Ca.126610	70 m	40°	130°	76499.41 1311961.49
K2-4	Ca. 126110	30 m	90°		76891.08 1311646.29
K2-5	Ca. 125900	25 m	90°		77016.98 1311515.02
Totalt		290 m			

#### 4.6 Videre undersøkelser

Det er hittil gjennomført undersøkelser som gir en god oversikt over grunnforholdene i området. Videre vil disse bli benyttet i arbeidet med å sile ut ulike linjealternativ. Det vil bli behov for supplerende undersøkelser for å få bedre detaljkunnskap om de geologiske forholdene når endelig linje er bestemt. Dette gjelder blant annet for de aktuelle påhuggsområdene. Det vil utarbeides nye borplaner og planer for andre undersøkelser for detaljfasen i en kontinuerlig prosess med Jernbaneverket.

## 5 INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER

### 5.1 Bergskjæringer og forskjæringer

Det meste av skjæringene på strekningen vil gå gjennom jordbruksarealer. I forbindelse med skjæringene vil det bli etablert fanggrøft. Der traseen går gjennom jordbruksarealer er det lagt opp til et sikringsomfang som gjør at bredde på fanggrøft kan reduseres slik at det blir et minst mulig arealbeslag. Dette gjelder alle de høye skjæringene mellom Sørli og Brumunddal bortsett fra skjæringen mellom Rørvika og Vestre Steneng i Ringsaker kommune pel nr. 133500-134000. Her går traseen gjennom et skogholt.

Sikringsomfanget for skjæringene antas å være følgende. Skjæringer lavere enn 2 meter antas og ikke sikres. Skjæringer med høyder mellom 2-5 meter antas å bli sikret med spredt bolting. Skjæringshøyder over 5 meter antas å ha noe høyere sikringsomfang i form av flere bolter og steinsprangnett, samt isnett i skjæringsiden mot øst med drenering ned mot Mjøsa. To meter inn fra skjæringstopp blir løsmassene gravd av og overflaten rensket før etablering av graveskråning i løsmassene. Omfanget av graveskråninger er ikke vurdert her, men arealbeslaget vil i stor grad være avhengig av løsmassemektheten.

#### 5.1.1 Sørli – Ottestad

På strekningen profil 110600 – 119585 har alle jernbanekorridorer samme linje. Ved Sørli fra pel nr. 111900-112100 skjærer traseen gjennom en liten åsrygg med maksimal høyde rundt 11 meter over spor, med løsmasse og berg. Ved Ottestad, pel nr. 118350-118400 er det en liten kolle med total høyde løsmasse og berg på litt under 10 meter. Ellers er det lave bergskjæringer under 2 meters høyde. Total blir det rundt 800 meter skjæring i berg på denne strekningen.

#### 5.1.2 Ottestad – Åkersvika

Det foreligger to alternativer linjer på strekningen, 56-1a Bekkelaget og 2a Bekkelaget. 1a ligger lengst mot øst og passerer Ottestad ungdomsskole, mens 2a passerer tett på Nordstad gård og Steinerskolen. Traseen vil for begge alternativene gå i en berg- og løsmasseskjæring over en strekning på rundt 3 km, pel nr. 120750-123750. De første 2 km av skjæringen vil hovedsakelig ha en skjæringshøyde på rundt 4-10 meter og siste del ned mot Åkersvika på mellom 8-15 meter og på det høyeste vil skjæringen være i overkant av 17 meter. 56-1a Bekkelaget har noe større skjæringshøyde de første 2 km av skjæringa fram til Rudolf Steiners veg, 56-1a har 2 til 4 m høyere bergskjæringer enn 2a.

Det er utført to seismiske profiler DSH8 og DSH9 på strekningen øst for eksisterende jernbanelinje. Seismisk profil DSH8 er ca. 2200 m langt og ligger ca. 20 til 50 m øst for 1a. Det er registrert 3 lavhastighetssoner i den sørlige delen av profilet på hhv. 30 m, 20 m og 35 m. Seismisk profil DSH9 ligger langs 2a og er ca. 2400 m langt. Det er registrert 4 lavhastighetssoner på hhv. 100 m, 50 m, 40 m og 130 m langs profilet. Registrerte hastigheter i lavhastighetssonene er ca. 2000 – 3000 m/s som tolkes som svakhetssoner, bergartsgrenser eller svartskifer/alunskifer.

Sprekkekartlegging som er utført i Stange viser at hovedsprekkesettet, lagdelingen i de sedimentære bergartene har strøk NØ-SV og middels til steilt fall mot NV. I tillegg til lagdelingen er det registrert sprekesett med strøk NV-SØ og steilt fall mot SV. Det indikerer at det er potensial for utglidning av blokker fra østlige (høyre) skjæringer. Det er derfor viktig at skjæringsvinkelen er slakere eller lik fallvinkelen på sprekesettet. Det er mulighet for blokkutvelting og nedfall (toppling) og eventuelt overheng fra vestlige skjæringer. Dette gjelder også for strekningen Sørli-Ottestad. Det er lagt til grunn sikring av bergskjæringer med utstrakt bruk av steinsprangnett og bolting av bergskjæringer.

#### 5.1.3 Åkersvika – Jessnes, forskjæringer for tunneler og påhuggsområder

Ved sprekkkartlegging i Hamar er det for det meste registrert lagdelingssprekker og enkelte sprekker omtrent vinkelrett på lagdelingsprekkene. Sprekkkartleggingen viser at hovedsprekkesettet for lagdelingen i de sedimentære bergartene har strøk NØ-SV og middels fall mot SØ. I tillegg til lagdelingen er det registrert steilt sprekesett med strøk NNØ-SSV med fall mot Ø og V. I tillegg er det registrert et sprekesett med strøk NV-SØ og middels fall mot NV. Det indikerer at det er potensial for

utglidning av blokker fra begge skjæringsveggene. Bergskjæringene antas å bli sikret med sporadisk til systematisk bolting og steinsprangnett eller fiberarmert sprøytebetong.

#### Korridor 1 (K1-2b og K1-3b)

Her vil det bli forskjæring før påhugg for bergtunnel. Ved tunnelportalene i Hamar sentrum er det ca. 10 m bergoverdekning. I forskjæringene må det forventes at det må stabilitetssikres mot utglidninger samt arbeidssikring for arbeider med kulvert. Alternativ 2b har ca. 800 meter med forskjæring før påhugg bergtunnel, det er kulvert de siste 570 meterne. Skjæringshøyder for de første 250 meter blir 0 til 15 meter. Siste 550 meter blir fra 15 til i underkant av 30 meter. Alternativ 3b vil ha en kulvert i grunnen på ca. 600 meter etter kryssing av bukta over til Høiensalodden fram til påhugg bergtunnel. Her vil det bli skjæring på rundt 10 til 22 meter.

Ved påhugg på Jessnes vil det bli forskjæring på rundt 1,25 km for de to alternativene. Skjæringshøyde vil ligge i området 4 til 20 meter.

#### Korridor 2

Forskjæringen fra Åkersvika og til påhugget er planlagt som en konstruksjon langs det meste av strekningen. Det vil allikevel være behov for sikring av bergskjæringene. Det vil også være behov for injeksjon langs deler av strekningen på grunn av svartskifer. Stedvis vil det være rørsput på grunn av plassmangel. Det forventes at det i den forbindelse vil være behov for en fotdrager og forbolter. Ved tunnelportalen i SØ ved Høgskolen i Hedmark er det ca. 12 meter bergoverdekning.

Forskjæringen ved Jessnes vil være rundt 1,35 km og skjæringshøyder i hovedsak fra 2 til 9 meter og høyeste inn mot påhugg bergtunnel med ca. 21 meter.

#### Korridor 3

Forskjæringen øst for Hamar sentrum fram til påhugg bergtunnel går i løsmasse og berg over ca. 800 meter. Skjæringshøyder fra 1 til 22 meter, hovedsakelig med høyder rundt 4-12 meter.

Påhugg ved Jessnes har en forskjæring på rundt 1,4 km. Skjæringshøyden synker fra 21 meter ved påhugg bergtunnel ned til skjæringshøyder mellom 5-10 meter etter 300 fra påhugget.

### **5.1.4 Jessnes – Brumunddal**

Fra Jessnes til Brumunddal er det tre store skjæringer. Den første er skjæring gjennom en åsrygg før bru over Mælumsvika pel nr. 133400-134000. De første 260 meterne har en høyde på rundt 4-10 meter. Den siste delen er noe høyere med skjæringshøyde på 10-20 meter. Maksimal skjæringshøyde er rundt 20 meter med et snitt på rundt 10 meter med løsmasser og berg. Etter brua over Mælumsvika er det en ny skjæring på pel nr. 134750-135330. Skjæringshøyde er opp mot 15 meter på det høyeste og er i snitt rundt 10 meter, inkludert løsmasser og berg. Den siste skjæringen er mellom Rørvika og Vestre Steneng og er en skogkledd åsrygg, pel nr. 136250-136800. Her vil det blir skjæringshøyder opp mot 13 meter med et snitt rundt 8-9 meter løsmasse og berg. Her viser to totalsonderinger midt i traseen 6,1 meter morene (DHB 19, ingen info om kontrollboring i fjell) og 0,65 meter til fjell (DHB 22). De siste 2,8 km inn til stasjonsområdet i Brumunddal er det mindre skjæringer med total lengde på rundt 400 meter med skjæringshøyder opp mot 5 meter.

På grunn av det skrånende terrenget vil skjæringshøyden på østsiden av sporet være noe høyere enn vestsiden mot Mjøsa. Sprekkemålinger ved Furuberget og målinger fra utbyggingen av E6 viser samme sprekkegeometri som resten av planområdet. Det er følgelig potensial for utglidning av blokker fra begge skjæringsveggene. Fra Rørvika, pel nr. 136250, og inn til Brumunddal sentrum vil traseen gå over i sandstein (Vardalsandstein og Ringsakerkvartsitt). Her er det ikke gjort sprekke målinger.

## **5.2 Tunnelkorridorer**

### **5.2.1 Bergartsformasjoner langs tunneltraseene**

Bergartene langs tunnelene består av kambro-siluriske sedimentære bergarter som i hovedsak består av leirskifer, kalkskifer, kalkstein og sandstein. Noe av leirskiferen er karbonholdig og kalles svartskifer eller alunskifer avhengig av innholdet av organisk karbon, sulfidmineraler, tungmetaller og uran. Bergformasjonene langs tunneltraseene er vist i tabell 7.

**Tabell 7: Bergartsformasjoner langs tunneltraseene**

Hamar Formasjon (Oslofeltet)	Bergart	Alder
Mjøs kalkstein	Kalkstein	Mellom-ordovicisk
Furubergformasjonen (Arnestad)	Skifer, sandstein	Mellom-ordovicisk
Hovinsholmskifer (Vollen)	Skifer	Mellom-ordovicisk
Bjørgeformasjonen (Elnes)	Skifer	Mellom-ordovicisk
Steinformasjonen (Huk)	Kalkstein (Orthocerkalkstein)	Under-ordovicisk
Udifferensiert serie	Sandstein, leirskifer, alunskifer	Kambrisk, under-ordovicisk

Basert på NGUs berggrunnsgeologiske kart 1916 IV Hamar og 1916 I Løten i målestokk 1:50.000 og geologisk overflatekartlegging utført i forbindelse med dette prosjektet er fordelingen av bergarter langs de ulike linjene vist i Tabell 8.

**Tabell 8: Bergartsfordeling i tunnel langs de ulike linjene**

Bergart	Korridor K1-2b	Korridor K1-3b	Korridor K2-1a	Korridor K3-3
Svartskifer	0 %	10 %	10 %	5 %
Leirskifer	70 %	60 %	60 %	95 % <sup>1)</sup> (70%)
Kalkskifer	0 %	0 %	0 %	0 %
Kalkstein	30 %	30 %	30 %	0% <sup>1)</sup> (25 %)

1) Hvis traseen går under kalksteinen ved Furuberget gjelder disse tallene, ellers tallene i parentes.

### 5.2.2 Bergmekaniske egenskaper og forhold

De sedimentære bergartene leirskifer, kalkskifer/kalkstein og sandstein har forskjellige bergmekaniske egenskaper. Basert på data hentet fra Norge og Sverige for sedimentære bergarter har bergartene følgende gjennomsnittlige egenskaper som vist i tabell 9. Det er ikke utført laboratorietester på bergarter i prosjektområdet.

**Tabell 9: Bergmekaniske egenskaper for forskjellige sedimentære bergarter**

Bergart	Egenvekt [kN/m <sup>3</sup> ]	Trykkfasthet [MPa]	Strekfasthet [MPa]	E-modul [GPa]	Poissons tall	Antall prøver
Svartskifer		55				2
Leirskifer	27,6	68	8,9	46,4	0,17	10
Kalkstein	26,8	80	8,0	72,2	0,24	24
Sandstein	26,0	136	19	41,0	0,10	12

Som det fremkommer av tabell 9 så har svartskifer den laveste enaksiale trykkfastheten og sandsteinen den høyeste. Det forventes at alunskifer har enda lavere trykkfasthet enn svartskiferen.

Leirskiferens bergmekaniske egenskaper antas å være anisotropiske, dvs. at fasthet antas å være lavere parallelt med enn vinkelrett på lagdelingen. Punktlasttester (strekfasthet) utført ved tidligere anlegg viser at i skiferen er strekkfastheten langs lagdelingen 3-4 ganger lavere enn på tvers av lagdelingen.

Det er ikke gjort spenningsmålinger i prosjektet, men det er ikke forventet høye bergspenninger i prosjektområdet. For tunnelene med liten overdekning i størrelsesorden < 25 m forventes det lave spenninger nær overflaten, med åpne sprekker.

### 5.2.3 Bergmassekvalitet

Basert på erfaringer fra tidligere tunnelanlegg i Osloregionen som er drevet i de kambro-siluriske sedimentære bergartene er antatt bergkvalitet for de forskjellige bergartene vist i tabell 10. Sandstein er ikke tatt med fordi sandstein ikke er kartlagt i Hamar i de områdene hvor tunneltraseene ligger.



Tabell 10: Bergkvalitet for forskjellige sedimentære bergarter

	Q-verdi					
	Godt-meget godt	Middels	Dårlig	Svært dårlig	Ekstremt dårlig	Usedvanlig dårlig
Bergart	10 – 100	4 - 10	1 - 4	0,1 - 1	0,01 – 0,1	0,001 – 0,01
Svartskifer	0 %	15 %	20 %	35 %	25 %	5 %
Leirskifer	10 %	25 %	30 %	25 %	8 %	2 %
Kalkstein	15 %	35 %	30 %	15 %	5 %	0 %

#### 5.2.4 Boring og sprengning

NTH-rapporten Borbarhet – Katalog over borbarhetsindekser inneholder resultater av borbarhets- og borslitasjeindeksene DRI og BWI målt i prøver av leirskifer, kalkstein og sandstein tatt fra forskjellige prøvesteder i Norge [9]. Resultatene er vist i tabell 11.

Tabell 11: Borbarhet og sprengbarhet for forskjellige sedimentære bergarter

Bergart	Borbarhetsindeks [DRI]	Beskrivelse	Borslitasjeindeks [BWI]	Beskrivelse	Antall prøver
Svartskifer	51	Middels	11	Meget lav	1
Leirskifer	56	Middels-høy	20	Lav	8
Kalkstein	59	Middels-høy	14	Meget lav	9
Sandstein	43	Lav	43	Høy	22

Stabiliteten ved driving i leirskiferen kan bli vesentlig redusert dersom berget rundt åpningen rives opp unødvendig ved sprengningene. Nøyaktig boring, redusert borhullsavstand og veltilpassede hull-ladninger er derfor viktig.

Ved driving av tunnelene må det legges restriksjoner på sprengningen for å unngå rystelseskader på bebyggelsen.

#### 5.2.5 Stabilitet og sikring

Bergsikring i tunnelene vil for det meste bestå av en kombinasjon av bolter og fiberarmert sprøytebetong. Omfanget av sikring i tunnelen vil tilpasses bergkvaliteten slik at tilfredsstillende stabilitet og sikkerhet oppnås. Ved kryssing av svakhetssoner vil det kunne være aktuelt med reduserte salver og tung sikring i form av forbolting og armerte sprøytebetongbuer og eventuelt sålestøp. Ved kryssing av leirsoner kan det være aktuelt med spesielt dimensjonert sikring som eventuelt full utstøping.

Antatt fordeling av sikringsklasser er basert på bergmasseklassifisering av tunneler som har vært drevet i kambro-siluriske sediment bergarter i Oslofeltet tilsvarende de bergartene vi har i Hamarregionen og korrelert med sikringsklasser foreslått av Vegdirektoratet i Håndbok N500 for vegtunneler er vist i Tabell 7.1 (Figur 21) [10]. Klasse I representerer sporadisk bolting og systematisk sprøytebetong, klasse II – III representerer systematisk bolting og sprøytebetong. Klasse IV – V representerer tung sikring. I klasse IV (Q = 0,1-1) skal sprøytebetongbuer installeres ved Q < 0,2. Klasse VI innebærer spesialdimensjonert sikring.

Tabell 7.1 Sammenhengen mellom bergmasseklasser (Q-systemet) og sikringsklasser – permanent sikring

Bergmasse klasse	Bergforhold Q-verdi <sup>(1)</sup>	Sikringsklasse Permanent sikring
A/B	Lite oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand > 1m. Q = 10 – 100	<b>Sikringsklasse I</b> - Spredt bolting - Sprøytebetong B35 E700 tykkelse 80 mm, ned til 2 m over såle
C	Moderat oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand 0,3 – 1 m. Q = 4 – 10	<b>Sikringsklasse II</b> - Systematisk bolting (c/c 2 m), endeforankrete, forspente, gyste - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm, sprøytes ned til såle
D	Tett oppsprukket bergmasse eller lagdelt skifrig bergmasse. Midlere sprekkeavstand < 0,3 m. Q = 1 – 4	<b>Sikringsklasse III</b> - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 100 mm eller mer. - Systematisk bolting (c/c 1,5 m), endeforankrete, endeforankrete som gyses i ettertid, eller gyste
E	Svært dårlig bergmasse.  Q = 0,1 – 1	<b>Sikringsklasse IV</b> - Forbolting ved Q < 0,2, ø25 mm, maks. c/c 300 mm - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm. - Systematisk bolting, c/c 1,5 m, gyste - Armerte sprøytebetongbuer ved Q < 0,2, buedimensjon E30/6 ø20 mm, c/c 2 – 3 m, buene boltes systematisk, c. 1,5 m, lengde 3 – 4 m. <sup>(2)</sup> - Sålestøp vurderes
F	Ekstremt dårlig bergmasse.  Q = 0,01 – 0,1	<b>Sikringsklasse V</b> - Forbolting, c/c 200 – 300 mm, ø32 mm eller stag (selvborende). - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 – 250 mm. - Systematisk bolting, c/c 1,0 – 1,5 m, gyste. - Armerte sprøytebetongbuer, buedimensjon D60/6+4, ø20 mm, c/c 1,5 – 2 m, buene boltes systematisk, c. 1,0 m, lengde 3 – 6 m. <sup>(2)</sup> - Armert sålestøp, pilhøyde min. 10 % av tunnelbredden.
G	Eksepsjonelt dårlig bergmasse, stort sett løsmasse, Q < 0,01	<b>Sikringsklasse VI</b> - Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt.

<sup>(1)</sup> Q-verdiene er gitt for uniaxial compressive strength, UCS = 100 MPa

<sup>(2)</sup> For krav til materialer, metoder og løsninger henvises til Teknologirapport nr. 2538: Arbeider foran stoff og stabilitetssikring i vegtunneler.

Figur 21: Tabell 7.1 fra håndbok N500 [10]

#### Korridor 1: K1-2b

Basert på tegning IPC-57-C-12001 og 12002 for korridor K1-2b er det ca. 570 m kulvert fra brua over Hamarbukta frem til tunnelportalen i SØ. På kulvertstrekningen er det minimum påvist 5 m bergoverdekning, men det kan enkelte steder være mindre. Plassering av tunnelportalen har tatt utgangspunkt i tilstrekkelig bergoverdekning basert på den informasjonen som foreligger på nåværende tidspunkt. Videre undersøkelser kan vise at påhugget kan flyttes mot sør. Ved tunnelportalen i SØ er det ca. 10 m bergoverdekning som stiger til over 20 m ved Dalslökka og reduseres igjen frem til Prestrud skole hvor overdekningen er kun ca. 11 m. Fra Prestrud stiger bergoverdekningen bratt til over 50 m ved Furuberget og reduseres igjen ved kommunegrensen Hamar – Ringsaker hvor overdekningen er ca. 10-15 m frem til påhugget i NV ved Jessnes som har ca. 10 m bergoverdekning. Det er ikke kulvert i NV enden av tunnelen. Bergtunnelen er 3275 m lang.

#### Korridor 1: K1-3b

Basert på tegning IPC-57-C-12010, 12011 og 12012 for korridor K1-3b er det ca. 330 m nedsenket kulvert under Hamarbukta og ca. 580 m kulvert frem til tunnelportalen i SØ. På kulvertstrekningen er det ingen eller liten bergoverdekning. Ved tunnelportalen i SØ er det ca. 10 m bergoverdekning som stiger til ca. 15 m, for så og reduseres igjen til ca. 10 m ved Stormyra. Fra Stormyra frem til Dalslökka stiger terrenget til over 25 m og reduseres igjen frem til Prestruds skole hvor overdekningen er ca. 16 m. Fra Prestrud stiger bergoverdekningen bratt til over 50 m ved Furuberget og reduseres igjen ved kommunegrensen Hamar – Ringsaker hvor overdekningen er ca. 10-20 m frem til påhugget i NV som

har ca. 10 m bergoverdekning. Det er en 40 m kulvert i NV-enden av tunnelen hvor overdekningen er meget liten. Bergtunnelen er 3800 m lang.

K1-2b og K1-3b har overdekning i størrelsesorden hhv. 15 og 20 m ved påhugg i SV opp til hhv. 30 og 35 m ved Dalsløkka og ned til 20 og 25 m ved Prestrud skole og opp til 50 m ved Furuberget, hvor tunnelen går under bebyggelsen i Hamar. På denne strekningen er det utført to seismiske profiler, DSH1-1 og 1-2 på hhv. ca. 1250 m og 900 m. I profil DSH1-1 er det registrert 2 lavhastighetssoner på hhv. 30 m og 40 m bredde. I profil DSH1-2 er det registrert 2 lavhastighetssoner med hhv. 40 m og 50 m bredde. Registrerte hastigheter i disse lavhastighetssonene er ned i 2000-3000 m/s. Disse sonene er tolket som svakhetssoner, bergartsgrenser eller alunskifer/svartskifer. Utenom lavhastighetssonene er det registrert relativt lave hastigheter (3500-4500 m/s) langs mesteparten av tunneltraséen som ligger under bebyggelsen. Hastighet fra 3500 - 4500 m/s antas å være sterkt lagdelt eller oppsprukket berg. Noen steder er det registrert hastigheter > 5000 m/s som antas å være kalksteinslag. Basert på tolkning antas mesteparten av tunnelen å ligge i lagdelte leirskifer med noe mer innslag av kalkstein langs deler av traséen. Det forventes dårlig bergmassekvalitet i påhuggsområdet i SØ og under Presterud for K1-2b og under Stormyr og under Presterud for K1-3b.

Tunnelkorridor K1-2b har en lavhastighetssone ved tunnelportalen i SØ og traseen antas ikke å være drevet i alunskifer. Basert på berggrunnskart kan de første ca. 200 m av tunnelkorridor K1-3b fra portal i SØ bli drevet i den udifferensierte serien som inneholder alunskifer. I tillegg er det andre formasjoner som kan inneholde svartskifer. Det er imidlertid knyttet stor usikkerhet til bergartsgrenser på grunn av mangel på bergblotninger.

Fordelingen av bergarter langs korridor K1-2b og K1-3b er vist i tabell 8 og erfaringer fra tidligere anlegg i Osloregionen som er drevet i kambro-siluriske sedimentære bergarter er vist i Tabell 10. Basert på dette antas fordelingen av bergmassekvaliteten å være som vist i tabell 12 og 13. Sikringsklasser er basert på Vegdirektoratets Håndbok N500. Fordelingen i meter er avrundet til nærmeste ti meter.

**Tabell 12: Bergkvalitet langs korridor K1-2b**

Sikringsklasser	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V	Klasse VI
Q-verdi	10 - 100	4 - 10	1 - 4	0,1 - 1	0,01 – 0,1	0,001 – 0,01
Beskrivelse	Godt-meget godt	Middels	Dårlig	Svært dårlig	Ekstremt dårlig	Usedvanlig dårlig
Fordeling [%]	12	28	30	22	7	1
Fordeling [m]	390	920	980	720	230	35

**Tabell 13: Bergkvalitet langs korridor K1-3b**

Sikringsklasser	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V	Klasse VI
Q-verdi	10 - 100	4 - 10	1 - 4	0,1 - 1	0,01 – 0,1	0,001 – 0,01
Beskrivelse	Godt-meget godt	Middels	Dårlig	Svært dårlig	Ekstremt dårlig	Usedvanlig dårlig
Fordeling [%]	10	27	29	23	9	2
Fordeling [m]	380	1030	1100	870	340	80

### Korridor 2

Basert på tegning IPC-57-C-12020, 12021 og 12022 for korridor K2-1a er det 300 m kulvert utenfor tunnelportalen i SØ. Denne konstruksjonen forsetter 100m innover i tunnelen. Ved tunnelportalen i SØ ved Høgskolen i Hedmark er det ca. 12 m bergoverdekning som stiger litt og reduseres igjen i et lite lavbrekk. Ved Sykehuset Innlandet er bergoverdekningen oppe til ca. 13 m. På denne strekningen går tunnelen på synk. Fra Sykehuset stiger terrenget og bergoverdekningen øker, før terrenget og bergoverdekningen blir lavere ved Greveløkka skole. Her er bergoverdekningen ca. 23 meter og traseen krysser her en svakhetsone. Frem til Furuberget ligger bergoverdekningen på 20-45 meter, under selve Furuberget er bergoverdekningen godt over 50 meter, opp mot 100 meter på det høyeste, før den reduseres igjen ved kommunegrensen Hamar – Ringsaker hvor overdekningen er ca. 10-35 m frem til påhugget i NV som har ca. 10 m bergoverdekning. Det er en 40 m kulvert i NV ved Jessnes. Bergtunnelen er 4390 m lang.

På denne strekningen er det utført ca. 580 m med refraksjonsseismikk i profil DSH5, hvor det er registrert 2 lavhastighetssoner på hhv. 20 m og 60 m bredde med hastigheter ned i 2000-3000 m/s. Disse sonene er tolket som svakhetssoner, bergartsgrenser eller alunskifer/svartskifer. Utenom lavhastighetssonene er det registrert relativt lave hastigheter (4000-4500 m/s) langs mesteparten av tunneltraséen som ligger under bebyggelsen. Hastighet fra 4000 - 4500 m/s antas å være sterkt lagdelt berg. Noen steder er det registrert hastigheter > 5000 m/s som antas å være kalksteinslag. Basert på tolkning antas det at mesteparten av tunnelen vil ligge i lagdelte leirskifer med noe mer innslag av kalkstein langs deler av traséen.

Basert på berggrunnskart kan tunnelkorridor K2-1a bli drevet ca. 250 m mellom Sykehuset Innlandet og kirkegården i den udifferensierte serien som inneholder alunskifer. I tillegg er det andre formasjoner som kan inneholde svartskifer.

Fordelingen av bergarter langs korridor K2-1a er vist i tabell 8 og erfaringer fra tidligere anlegg i Osloregionen som er drevet i kambro-siluriske sedimentære bergarter er vist i Tabell 10. Basert på det antas fordelingen av bergmassekvaliteten å være som vist i tabell 14. Sikringsklasser er basert på Vegdirektoratets Håndbok N500.

**Tabell 14: Bergkvalitet langs korridor K2-1a**

Sikringsklasser	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V	Klasse VI
Q-verdi	10 - 100	4 - 10	1 - 4	0,1 - 1	0,01 – 0,1	0,001 – 0,01
Beskrivelse	Godt-meget godt	Middels	Dårlig	Svært dårlig	Ekstremt dårlig	Usedvanlig dårlig
Fordeling [%]	10	27	29	23	9	2
Fordeling [m]	440	1190	1270	1010	400	90

### Korridor 3

Basert på tegning IPC-57-C-12031 og 12032 for korridor K3-3 er det ca. 115 m kulvert ved Furnesvegen frem til tunnelportalen i SØ. På kulvertstrekningen er det liten bergoverdekning. Ved tunnelportalen i SØ er det ca. 10 m bergoverdekning som stiger bratt først til ca. 20 m og siden med slakere stigning langs tunnelen frem til Furuberget hvor bergoverdekningen er over 50 m og reduseres igjen ved kommunegrensen Hamar – Ringsaker hvor overdekningen er ca. 45 – 10 m frem til påhugget i NV som har ca. 10 m bergoverdekning. Det er en 40 m kulvert i NV enden av tunnelen hvor overdekningen er meget liten. Bergtunnelen er 4170 m lang.

K3-3 har overdekning i størrelsesorden 15 m ved påhugg i SV som stiger bratt til 30 m og stiger siden jevnt med overdekning fra 30 m til 70 m ved Kårtorp, hvor tunnelen går delvis under bebyggelsen i Hamar. I denne korridoren er det kun bebyggelse langs ca. halvparten av tunnelen. På denne strekningen, hvor det er utført ca. 1760 m med refraksjonsseismikk i profil DSH6, er det registrert 4 lavhastighetssoner på hhv. ca. 40 m, 60 m, 50 m og 60 m bredde med hastigheter ned i 2000-3000 m/s. Disse sonene er tolket som svakhetssoner, bergartsgrenser eller alunskifer/svartskifer. Refraksjonsseismikk langs korridor 3 ligger i området hvor traseen går i dagen. Utenom lavhastighetssonene er det registrert relativt lave hastigheter (4000-4500 m/s) langs mesteparten av tunneltraséen som ligger under bebyggelsen. Hastighet fra 4000 - 4500 m/s antas å være sterkt lagdelt berg. Noen steder er det registrert hastigheter > 5000 m/s som antas å være kalksteinslag. Basert på tolkning antas mesteparten av tunnelen vil ligge i lagdelte leirskifer med noe mer innslag av kalkstein langs deler av traséen.

Det forventes ikke at tunnelen vil drives gjennom den udifferensierte serien som inneholder alunskifer, men det er knyttet usikkerhet til utbredelsen av den udifferensierte serien. I følge NGUs berggrunnskart vil påhuggsområde for tunnelkorridor K3-3 havne i nærheten av den udifferensierte serien som inneholder alunskifer. I tillegg vil tunnelen krysse gjennom Bjørgeformasjonen som kan inneholde svartskifer.

Fordelingen av bergarter langs korridor K3-3 er vist i tabell 8 og erfaringer fra tidligere anlegg i Osloregionen som er drevet i kambro-siluriske sedimentære bergarter er vist i Tabell 10. Basert på det antas fordelingen av bergmassekvaliteten å være som vist i tabell 15. Fordelingen av sikringsklasser er basert på at tunnelen vil gå under kalksteinen i Furuberget. Sikringsklasser er basert på Vegdirektoratets Håndbok N500.

Tabell 15: Bergkvalitet langs korridor K3-3

Sikringsklasser	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V	Klasse VI
Q-verdi	10 - 100	4 - 10	1 - 4	0,1 - 1	0,01 – 0,1	0,001 – 0,01
Beskrivelse	Godt- meget godt	Middels	Dårlig	Svært dårlig	Ekstremt dårlig	Usedvanlig dårlig
Fordeling [%]	10	24	30	25	9	2
Fordeling [m]	420	1000	1250	1040	375	80

### 5.2.6 Lekkasje og tetting

Store deler av bergtunnelene går i bebygde strøk der noen av bygningene kan være fundamentert på løsmasser. For å hindre senkning av grunnvannet, og dermed eventuelle setningsskader på bygningene, må tunnelen være relativt tett. Det er derfor nødvendig med tetningsarbeid i form av sonderboring foran stoff og forinjeksjon.

Basert på erfaring kan det forventes noe større lekkasje i kalksteinen enn i leirskiferen. Leirskiferens permeabilitet og vanntetthet antas å være anisotrop og relativt tett på tvers av lagdelingen.

Ved korridor K1-2b ligger ca. 1750 m av tunnelen under tettbygde strøk og ved korridor K1-3b ligger ca. 2250 m av tunnelen under tettbygde strøk. For korridor K2-1a ligger ca. 3000 m av tunnelen under tettbygde strøk. For korridor K3-3 er det bedre bergoverdekning og bebyggelsen er mer glissen med enkelte boligområder over tunnelen. Furuberget er et naturreservat og har noen myrer/våtere områder som anses som sårbare. Dette kan påvirke tettekravene under Furuberget.

Som nevnt i kapittel 3 ligger det en del brønner i området, både energibrønner og vannforsyningsbrønner. Det stiller derfor strengere innlekkasjekrav ved tunneldrivingen. Det kan forventes at tunnelene som drives under bebyggelsen vil kreve systematisk forinjeksjon med tetthetskrav 5-10 liter/100 m tunnel. For områder med delvis bebyggelse antas det at tunnelen kan drives med behovsprøvd injeksjon, dvs. sonderboring med lekkasjekrav 10-20 liter/100 m tunnel før systematisk forinjeksjon blir iverksatt. For områder utenfor bebyggelsen i NV-enden av tunnelene kan det være mulig å drive tunnelene kun med sonderboring, og eventuelt uten forinjeksjon.

For å få bedre oversikt over områder med fare for setninger og behovet for injeksjon mer i detalj anbefales det gjøres mer kartlegging og grunnundersøkelser i neste planfase. Ved forinjeksjon av tunnelen kan bergmassen, i tillegg til å bli tett, få økt bergkvalitet.

### 5.3 Vibrasjoner og rystelser

Der hvor tunnelene ligger under bebyggelsen antas det at det må stilles strenge krav til rystelser < 50 mm/s. For korridor K1-3b og K1-2b hvor hhv. 1750 m og 2250 m ligger i tettbygde strøk vil kravene til rystelser kunne bli enda strengere i størrelsesorden 30-50 mm/s. For korridor K2-1a ligger tunnelen under tettbebyggelsen for ca. 3000 m. Langs K2-1a er det i tillegg til bebyggelsen ømfintlige bygninger som høyskoler, sykehus, rådhus, Statens hus osv., hvor kravene til rystelser vil kunne ligge ned i 10 mm/s. For korridor K3-3 hvor bebyggelsen består av enkelte boligfelt vil kravet til rystelser kunne bli økt til > 50 mm/s. Det må gjennomføres en kartlegging av bygninger og andre konstruksjoner for å kunne sette endelige krav.

### 5.4 Gjenbruk av masser

Jernbanelinjes tekniske regelverk og teknisk designbasis viser til krav til massene som brukes i linjen [11]. Om masser fra skjæringer og tunneler kan gjenbrukes i prosjektet er avhengig av massenes kvalitet og hvilket formål de eventuelt skal anvendes til. Leirskifer og alunskifer er generelt ikke egnet til bruk i forsterknings- og frostsikringslag. Bruk av kalkstein til dette formålet må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Til fylling under traubunn kan normalt de fleste bergarter benyttes, men sterkt skifrige eller forvitrede bergarter må vurderes spesielt. Egnetheten av bergarter bestemmes ut fra en vurdering av skifrighet, forvitring og glimmerinnhold opp mot fyllingshøyde, fyllingsskråning, krav til egenstabilitet, permeabilitet og setninger. Det stilles også krav om at det ikke skal benyttes telefarlige masser i frostsikringslag og forsterkningslag (Teknisk regelverk: Underbygning/Prosjektering og bygging/Banelegeme og Underbygning/Prosjektering og bygging/Frost).

For IC Sørli-Brumunddal vil det meste av massene være skifrige. Disse massene vil trolig ikke være egnet til gjenbruk. Kalksteinen ved Furuberget kan være aktuell til gjenbruk, men det forventes lite kalksteinsmasser. Når det gjelder området helt nord mot Brumunddal består berggrunnen av sandstein og kvartsitt. Dette er bergarter som kan være mer velegnet til gjenbruk. Det anbefales å ta prøver og gjennomføre laboratorietester for å sjekke om noen av bergartene kan egne seg til gjenbruk.

Hovedmengden av berggrunnsmassene fra prosjektet har ikke kvaliteter som tilsier at de er velegnet til industriell utnyttelse. Massene kan likevel ha gjenbrukspotensial. Det kan for eksempel være masser som egner seg som gjenfyllingsmasser, jordforbedringsmateriale (kalkholdig skifer) eller som tilslagsmaterialer i betong. Massenenes potensielle som ressurs er beskrevet nærmere i prosjektets fagrapport om naturressurser, ICP-56-A-26214 [12].

I forbindelse med Statens vegvesens prosjekt på Fv. 33 Byrudsberga ble bergartene der testet i forhold til egnethet for bruk av masser i linjen [13]. Prosjektet går gjennom tilsvarende bergarter som for Sørli-Brumunddal. Resultatet er omtalt nedenfor. På bakgrunn av krav angitt av SVV, N200, ble det utført Los Angeles test, micro- Deval test og XRD-analyse ved SINTEF [14]. Flisighet ble ikke testet. Et risikomoment ved bergmassene og målingen, er glimmernivået. Ifølge SVV N200 kan steinmaterialet med mye fri glimmer være spesielt vannømfintlig når det knuses ned og mineralene anrikes i finfraksjon. Dette gjelder særlig bergarter som blant annet skifer.

## 6 SLUTTKOMMENTARER

Denne rapporten har redegjort for de ingeniørgeologiske forholdene for strekningen Sørli-Brumunddal. Prosjektet vil inkludere flere strekninger med til dels høye bergskjæringer og tunnel gjennom Hamar. Det er på nåværende tidspunkt fortsatt flere aktuelle traséer. Felles for de ulike alternativene er utfordringer knyttet til kryssing av soner med potensielt syredannende skifere. Det er planlagt å gjennomføre kjerneboringer for å få bedre oversikt over utbredelsen av svartskifer.

Uavhengig av valgt alternativ vil tunnel gjennom Hamar krysse gjennom mange av de samme bergartene. Det vil være noe forskjell på hvor mye svartskifer som forventes langs de ulike alternativene, men med tanke på bergmassekvalitet forventes relativt like forhold. I korridor 1 og 2 vil tunnelen gå under mer tettbebygd strøk enn i korridor 3, noe som vil påvirke krav til vibrasjoner og rystelser, samt gjennomføring av anleggsarbeidet. Dette gjelder spesielt for korridor 2, hvor tunnel vil krysse omtrent rett under sykehuset.

K1-2b og K1-3b ligger i korridor 1 (vest). Utfordringene med disse linjene sett fra et ingeniørgeologisk perspektiv, er nærhet til bebyggelse, kryssing gjennom (K1-2b) og under (K1-3b) Stormyra og kryssing under Presterud. Begge linjer har nærhet til steinbruddet på Furuberget, noe det må tas hensyn til. K2 har en utfordrende forskjæring og har liten bergoverdekning ved påhugget. Her er også tunnelen 36 m bred. Dette medfører en tung konstruksjon 100 m inn i berget. K3 har en kortere forskjæring. Furnesveien må legges om, men plass og tilgjengelighet gjør oppgaven ganske enkel og oversiktlig.

Når det gjelder tunneler i Hamar er det utført grunnundersøkelser spesielt med tanke på kartlegging av bergoverdekning. Det anbefales økt undersøkelsesomfang i senere planfaser, blant annet for å kunne vurdere endelig plassering av påhugg.

## 7 DOKUMENTINFORMASJON

### 7.1 Dokumenthistorikk

Rev.	Dokumenthistorikk
00A	Første revisjon til teknisk hovedplan

### 7.2 Referanseliste

- [1] Dovrebanen. Sørli-Hamar-Brumunddal. Teknisk hovedplan. ICP-56-A-26202
- [2] NRK. Foto av Lars Erik Skrefsrud. [www.nrk.no](http://www.nrk.no)
- [3] Dovrebanen. Sørli-Hamar-Lillehammer. Hovedplan/kommunedelplan. Grunnundersøkelser Sørli-Brumunddal. ICP-56-V-26303
- [4] NGU. Kart og data. [www.ngu.no](http://www.ngu.no)
- [5] NGI 2015. Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter. Veileder for Miljødirektoratet. M-310. Dokumentnr. 20120842-01-R.
- [6] Skrednett. Faresonekart. [www.skrednett.no](http://www.skrednett.no)
- [7] NVE. Kartgrunnlag og databaser. [www.nve.no](http://www.nve.no)
- [8] InterCity-prosjektet. Helikopterbasert AEM. Sørli-Brumunddal. Datarapport. ICP-56-V-70000 rev 01A
- [9] NTH 1981. Borbarhet – Katalog over borbarhetsindekser. Prosjektrapport DRI og BWI
- [10] Vegdirektoratet 2014. Vegtunneler. Håndbok N500.
- [11] Jernbaneverket. Teknisk regelverk. <https://trv.jbv.no/>
- [12] Dovrebanen. Sørli-Hamar-Brumunddal. KU fagrapport. Naturressurser. ICP-56-A-26214
- [13] Sweco 2014. Fylkesvei 33 – Byrudberga. Geologisk rapport.
- [14] Vegdirektoratet 2014. Vegbygging. Håndbok N200



## 8 VEDLEGG

Vedlegg er lagt som separate filer

### 8.1 VEDLEGG 1 – Sprekkeroser og konturplott

Filnavn: ICP 56-V-26302\_01A\_Vedlegg 1\_Sprekkerose og konturplot  
Antall sider: 3

### 8.2 VEDLEGG 2 – IC Sørli-Lillehammer. Refraksjonsseismisk kortlægning af grundfjeld

Filnavn: ICP 56-V-26302\_01A\_Vedlegg 2\_Seismikk  
Antall sider: 20