

Sunnfjord Energi AS

Jølstra kraftverk

Fagrapport hydrogeologi



F01	17.11.2013	Endelig rapport	Eivind Halvorsen	Kevin Tuttle	Torgeir Isdahl
A01	7.3.2013	Førsteutkast	Eivind Halvorsen	Kevin Tuttle	Torgeir Isdahl
Rev.	Dato:	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Innhold og avgrensning	5
2	Metode og datagrunnlag	6
2.1	Metode	6
2.2	Datagrunnlag	6
3	Beskrivelse av tiltaket	7
3.1	Kraftverket	7
3.2	Inntak	7
3.2.1	Terskel og minstevannføringsarrangement	7
3.2.2	Inntak	8
3.3	Vannveier, kraftstasjon, atkomst og nettilknytning	8
3.4	Massedeponi og anleggsveier	9
3.5	Hydrologiske konsekvenser	10
4	Statusbeskrivelse og verdivurdering	12
4.1	Generelt	12
4.2	Inntaksområdet	15
4.3	Berørt elvestrekning	15
4.4	Tippområder	15
4.5	Område som kan påvirkes av tunnel	15
4.6	Verdivurdering	16
5	Omfang og konsekvenser	17
5.1.1	Generelt	17
5.2	Anleggsfasen	18
5.3	Driftsfasen	18
5.3.1	Inntaksområdet	18
5.3.2	Berørt elvestrekning	18
5.3.3	Tippområder	18
5.3.4	Område som kan påvirkes av vannkraft-tunnel	19
6	Avbøtende tiltak	22
7	Referanser	23

Sammendrag

Sunnfjord Energi planlegger å bygge Jølstra Kraftverk i Jølster og Førde kommuner, Sogn og Fjordane fylke. Tiltaksområdet omfatter hovedløpet av Jølstra nedstrøms utløpet av Jølstravatnet, og berører strekningen fra Tongahølen til Movatnet.

Denne rapporten har som mål å utrede de konsekvensene bygging av kraftverket kan medføre for grunnvann i området og hvilke følger disse endringene kan ha for naturen og vannressurser.

I utgangspunktet er dette området lite sårbart på grunn av store mengder vann tilgjengelig fra nedbør og smelting. Det er også få bygninger som er utsatt for setningsfare som følge av senkning av grunnvannstand. Området rundt utløpstunnelen er mer sårbart enn tilløpstunnelen på grunn av våtere naturtyper og litt landbruk i dette området. Det vil også være flere installasjoner som vil drenere grunnvann her (kraftstasjon og adkomsttunnel). Derfor bør tettekravene være noe strengere for utløpstunnelen enn for tilløpstunnelen.

Det er to fjellbrønner og en kilde som kan påvirkes av tunnelen. Disse bør undersøkes før byggearbeidene begynner slik at eventuelle endringer på grunn av tunnelen kan vurderes.

1 Innledning

1.1 BAKGRUNN

Sunnfjord Energi planlegger å bygge Jølstra Kraftverk i Jølster og Førde kommuner, Sogn og Fjordane fylke. Tiltaksområdet omfatter hovedløpet av Jølstra nedstrøms utløpet av Jølstravatnet, og berører strekningen fra Tongahølen til Movatnet. Inntak, vannvei og kraftstasjon vil ligge i Jølster, mens utløpet fra kraftstasjonen vil være i Førde. Jølstravassdraget er i dag utbygd med flere store kraftverk og en god del småkraft. I tillegg er Jølstravatnet regulert med 1,25 m. Det nye kraftverket vil utnytte den eksisterende reguleringen, og ha midlere årsproduksjon på 215 GWh. Maksimal slukeevne vil bli 55 m³/s og minste slukeevne 3,5 m³/s. Det er planlagt en 4260 meters lang tilløpstunnel som i helhet bygges i fjell. Det vil bygges en utløpstunnel på 1350 meter.

1.2 INNHOLD OG AVGRENSNING

Denne rapporten har som mål å utrede de konsekvensene bygging av kraftverket kan medføre for grunnvann i området og hvilke følger disse endringene kan ha for naturen og vannressurser. Rapporten inneholder en beskrivelse og verdivurdering av sårbare naturområder, vannkilder/brønner og landbruk, samt en vurdering av tiltakets omfang og mulige konsekvenser for disse. I tillegg er forslag til avbøtende tiltak beskrevet.

Utredningen er gjennomført i henhold til plan- og bygningslovens krav om konsekvensutredninger, og dekker de kravene som er satt for fagtemaene i forslaget til utredningsprogram for tiltaket:

Grunnvann

Dagens forhold i dei aktuelle områda skal skildrast kort.

Det skal gjerast kort greie for kva verknader tiltaket kan ha på grunnvatnet i dei

aktuelle nedbørfelta i anleggs- og driftsfasen.

Dersom tiltaket kan føre til at grunnvasstanden endrar seg, skal det vurderast om dette kan endre vilkåra for vegetasjon, jord- og skogbruk samt eventuelle uttak av grunnvatn i området det gjeld.

Det skal vurderast om det er fare for drenering som følgje av tunneldrift.

Moglege avbøtande tiltak i forhold til dei negative konsekvensane som kan komme, skal vurderast medrekna eventuelle justeringar av tiltaket.»

2 Metode og datagrunnlag

2.1 METODE

Rapporten er et resultat av studier og sammenstilling av tilgjengelig data og litteratur, feltbefaringer og konsulentens vurderinger. Det er lagt vekt på å kartlegge sårbarheten til naturområdene over tunnelen og langs elvestrekningen som påvirkes av reguleringen og i hvilken grad disse naturområdene vil kunne påvirkes. Registrering av dagens grunnvannsforhold har foregått ved hjelp av tidligere registrerte brønner i området, NGU grunnvannsdatabase samt befaring 4. – 5. juli 2012. Faren for påvirkning av grunnvannstand er størst nær tunnelen, da tunnelen vil kunne drenere grunnvannet.

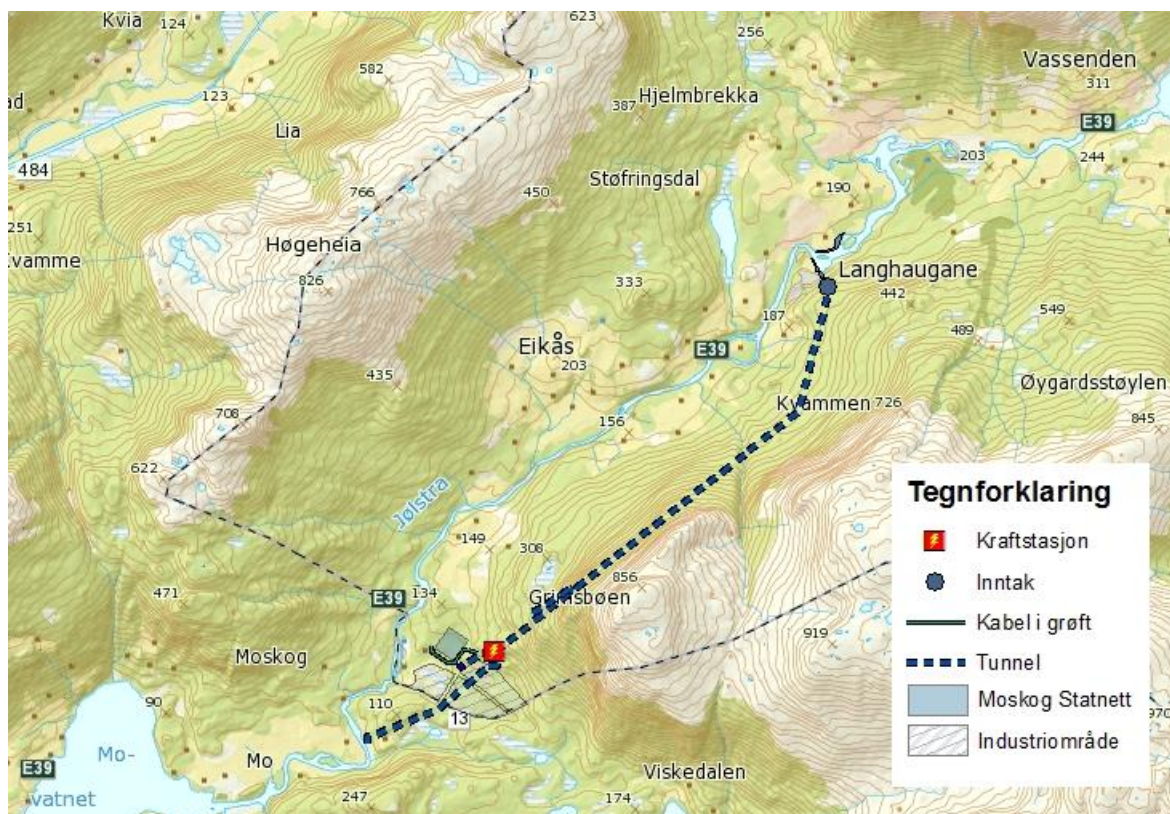
2.2 DATAGRUNNLAG

Datakilder for utredningen er NGU sitt GRANADA register over grunnvannsbrønner og NGU sin oversikt over berggrunn og løsmasser. Data om nedbørsfelt og avrenning er tatt fra NVE atlas. Det er også brukt tidligere geologiske rapporter og kart over området.

3 Beskrivelse av tiltaket

3.1 KRAFTVERKET

Jølstra kraftverk vil utnytte fallet i Jølstra på den 5,6 km lange strekningen fra Tongahølen i Jølster kommune til Reinene i Førde kommune. Kraftverket vil utnytte et fall på 132 m og få en samlet installert effekt på 60 MW med midlere årsproduksjon 215 GWh. Maksimal slukeevne vil bli 55 m³/s og minste slukeevne 3,5 m³/s.



Figur 1. Utbyggingsplan for Jølstra kraftverk.

3.2 INNTAK

3.2.1 Terskel og minstevannføringsarrangement

Inntak til Jølstra kraftverk blir i Tongahølen, som er en naturlig lone i elva omtrent 3,5 km nedstrøms for utløpet av Jølstervatn. Ved utløpet av «hølen» bygges en lav terskel med høyde 1-2 m for å holde et stabilt vannspeil i inntaksbassenget. For å forhindre neddemte arealer ved flom, bygges det lave flomvoller på nordsiden og sørvestsiden av inntaksbassenget. Fra terskelen og til

inntaket innerst i lona vil denne flomvollen plastres med stein for å forhindre erosjon. Terskelen ved utløpet av Tongahølen vil gjøre at vannstanden i lona stiger med en halv meter sammenliknet med i dag. I den nordre delen av dammen vil det bli en lukekonstruksjon med glideluker for slipp av minstevannføring.

3.2.2 **Inntak**

Inntaket blir i fjell sør i Tongahølen, ved grustaket på Kvammen. Fram mot inntaket kanaliseres bunnen av inntaksmagasinet inn mot tunnelpåhugg. Inntakstunnelen etableres med et areal ca. 50 m² som fører inn til inntakskammeret 30 meter inn i fjellet. Inntaket vil være dykket til 3 meter så selve tunnelpåhugget vil ikke være synlig. Konstruksjoner i dagen vil kun være en bru over kanalen og et bjelkestengsel ved brua over inntakskanalen. Portal til inntakshallen vil være i grustaket ved inntaket.



Figur 2. Inntaksområdet før (venstre) og etter (høyre) utbygging.

3.3 **VANNVEIER, KRAFTSTASJON, ATKOMST OG NETTILKNYTNING**

Det planlegges en tilløpstunnel på 4260 meter inn til kraftverket som i helhet bygges i fjell. Tunnelen vil drives fra begge ender, men det meste av arbeidet vil foregå fra kraftstasjonsområdet hvor også hovedtippen anlegges. Det er ikke behov for ytterligere tverrslag eller massedeponier nedover Jølstradalen.

Det er planlagt en svingetunnel oppstrøms kraftstasjonen med lufting opp i dagen ved hjelp av et borehull med diameter 1,2 m. Dette borhullet vil få et påhugg med enkelt betongoverbygg ved Kyraklypet. Det går en traktorvei opp i området og det permanente inngrepet ved borhullet blir beskjedent ved at det bygges et overbygg med lufterister. Bygget vil bli ca. 5 m² og få en høyde på ca. 3 m.

Avløpstunnelen får en lengde på 1350 m. Utløpet blir i Jølstra på kote 42. Her blir det en betongkonstruksjon i dagen. For å redusere erosjon vinkles utløpet slik at vannet har mest mulig samme retning som strømmen i elva. Utløpet får en dykking på omtrent 1 meter.



Figur 3. Utløpet ved Reinene

Kraftstasjonen legges i fjell. Utsprengt volum for kraftstasjonen er anslått til 16 000 m³. Stasjonen installeres med total slukeevne 55 m³/s fordelt på to Francisturbiner med effekt på henholdsvis ca. 20 MW og 40 MW.

Adkomsttunnel til kraftstasjonen blir en tunnel på 320 meter fra et påhugg tett ved Statnetts transformatorstasjon på Moskog. Ved påhugget til tunnelen blir det plassert et portalbygg med rom for utstyr og dieselaggregat.

Kraften fra Jølstra kraftverk planlegges ført ut fra kraftverket og frem til to nye utendørs 132 kV bryterfelt i Moskog transformatorstasjon som eies av SFE Nett AS og Sunnfjord Energi AS. Kabelforbindelsen fra kraftstasjonen til transformatorstasjonen vil bli lagt i bakken.

3.4 MASSEDEPONI OG ANLEGSVEIER

Deponi i inntaksområdet vil bli i det nedlagte grustaket rett ved inntaket. Her kan massen deponeres midlertidig for videre bruk, eller den kan brukes til å jevne ut og rydde opp området. Noe tunnelmasse vil også bli brukt til å legge opp nødvendige flomvoller ved inntaksbassenget. Det er anslått av massene her får et volum på omtrent 80 000 m³.

Tippmassene som tas ut i kraftstasjonsområdet er beregnet til omtrent 450 000 m³. Området ved påhugg til adkomsttunnelen er planlagt utviklet som et industriområde, og i forbindelse med dette vil det være behov for tunnelmassene for å bygge opp og planere området. Dersom planene om

Moskog industriområde skrinlegges, er grunneierne fortsatt interessert i at området skal bygges opp og planeres, slik at det kan brukes til jordbruksformål.

Begge massedeponiene er plassert i kort avstand fra påhuggene, og transport av masser blir derfor minimal. Transporten vil kun foregå på anleggsveier bortsett fra masser til oppbygging av flomvoller på nordsiden av inntaksbassenget

Utbyggingsstrekningen er lett tilgjengelig, og det trengs minimalt med veibygging. Adkomst til området skjer via E39 som følger nordsiden av Jølstra mellom Movatn og Jølstervatn. Fra Europaveien går det en rekke veier over på den andre siden av elva, og både inntaksområdet, kraftstasjonsområdet og utløpet er tilgjengelig fra disse eksisterende veiene. Det er altså ikke nødvendig å etablere nye avkjøringer fra E39.

Inntaket ligger ved et grustak, og hit går det anleggsvei. Denne kan det være nødvendig å oppgradere slik at den tåler noe tyngre transport. Deler av veien vil også bli påvirket av inntakskanalen, så i dette området er det planlagt å bygge en ny bru.

Kraftstasjonen ligger rett ved nye Moskog koblingsanlegg, og i forbindelse med dette anlegget er det også bygget ny vei. Det er derfor bare nødvendig å bygge en kort veistrekning 50-100 meter frem til påhugg for adkomsttunnel.

Avløpstunnelen kommer ut rett under en kommunal vei, og det vil i anleggsperioden være nødvendig å legge om denne veien. Når arbeidet med utløpet er ferdigstilt, legges veien tilbake i sin originale trasé.

3.5 HYDROLOGISKE KONSEKVENSER

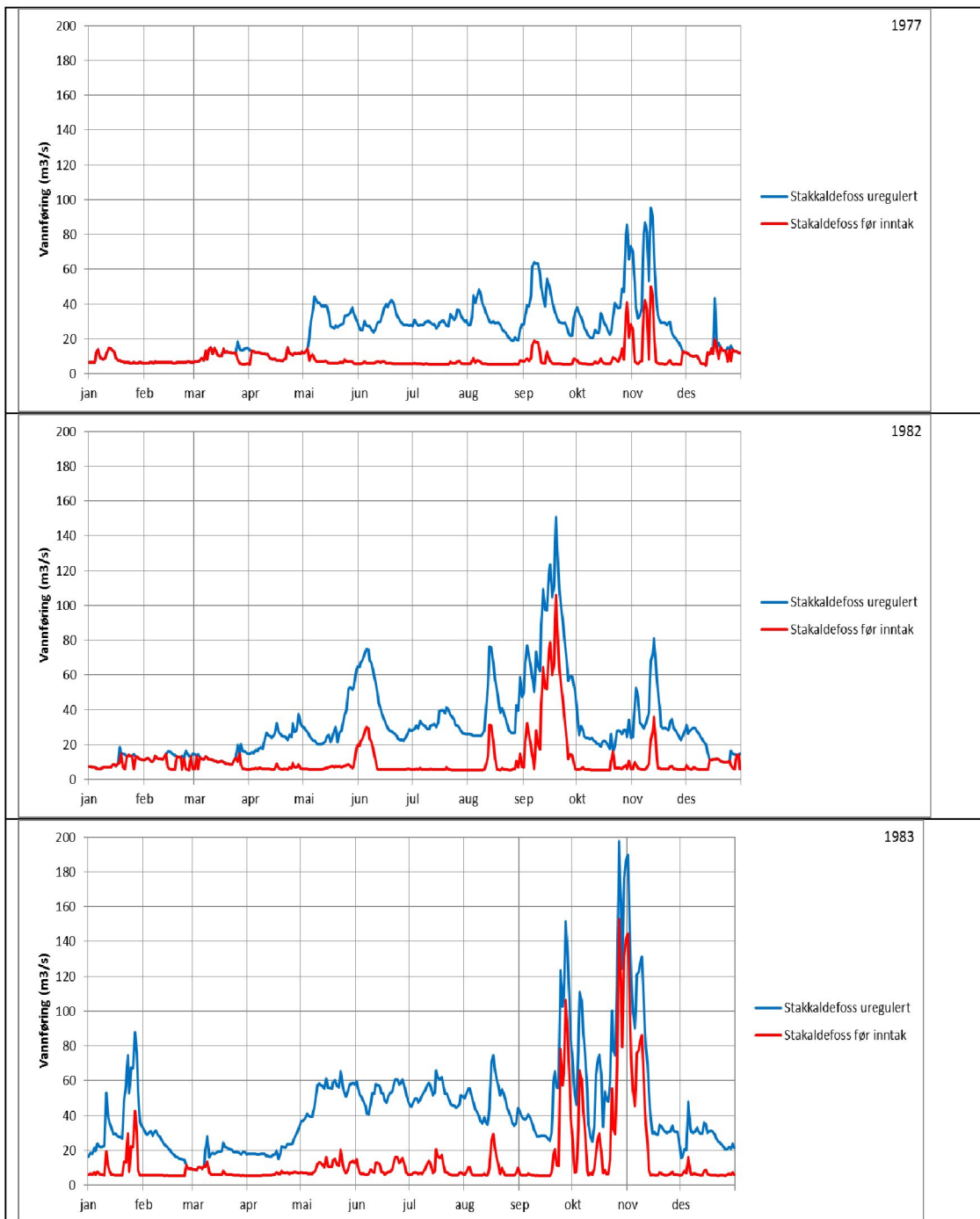
Vannføringen i Jølstra karakteriseres av en høy vannføring under snøsmelting fra mai til juni. Den høye vannføringen holder seg relativt høy gjennom sommeren på grunn av store høyder i feltet, stor sjøprosent i Jølstravatnet og tilsig fra breområder. På høsten kommer det ofte igjen store flommer knyttet til nedbørsepisoder og snøsmelting i høyden før elva faller til en lav vintervannføring.

Anleggelsen av nye Jølstra kraftverk vil medføre en betydelig reduksjon i vannføring sommer og høst, mens vannføringen om vinteren og våren vil være mindre påvirket. I figur 4 vises **Feil! Fant ikke referanseilden.**vannføring ved Stakaldefoss før og etter bygging av Jølstra kraftverk for et tørt, normalt og vått år. Middelvannføringen vil reduseres til 30 % av dagens rett nedstrøms Tongahølen og til 35 % ved inntak Stakaldefoss.

To alternative minstevannføringer legges til grunn for denne utredningen:

- 5-persentil sommer tilsvarende 19,05 m³/sek (1/5 – 30/9) og 4,14 m³/sek vinter (1/10 – 30/4)
- Alternativ minstevannføring på 12 m³/sek sommer (1/5 – 30/9) og 4 m³/sek vinter (1/10 – 30/4)

Oppstrøms det planlagte Jølstra kraftverk er Jølstravatnet regulert med en nåledam ved utløpet på Vassenden. Konesjonsgitt reguleringshøyde er 1,25 meter. I praksis består reguleringen av at noe vann holdes igjen om høsten for å tappes senere om vinteren. I perioden fra 15. april til 15. september er det krav om at dammen skal stå helt åpen. Det er forutsatt at det nye kraftverket skal kjøres innenfor gjeldende regulering av Jølstravatnet, og at tapperegimet ikke vil endres i forhold til dagens praksis.

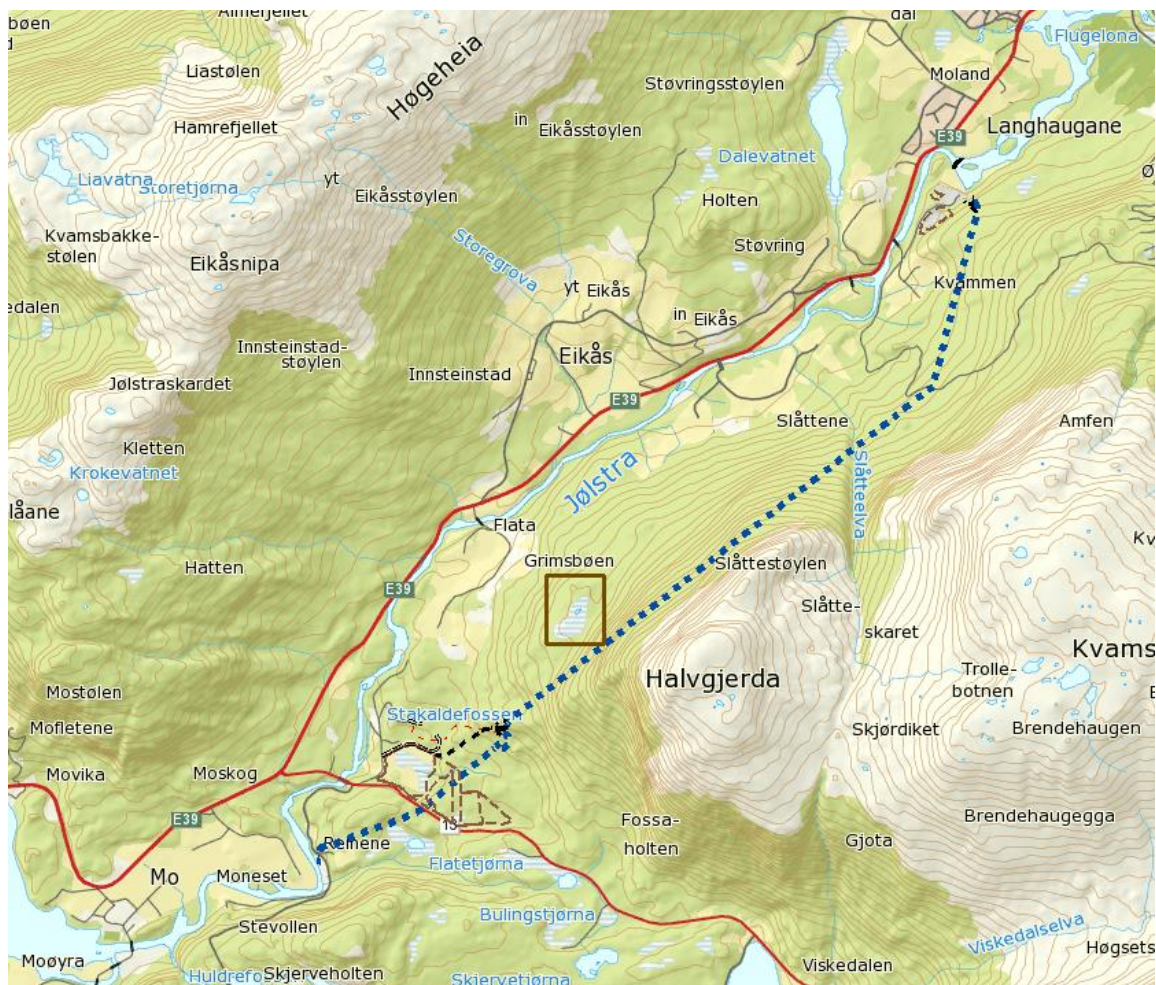


Figur 4. Vannføringer før inntak Stakkaldefoss før og etter Jølstra kraftverk.

4 Statusbeskrivelse og verdivurdering

4.1 GENERELT

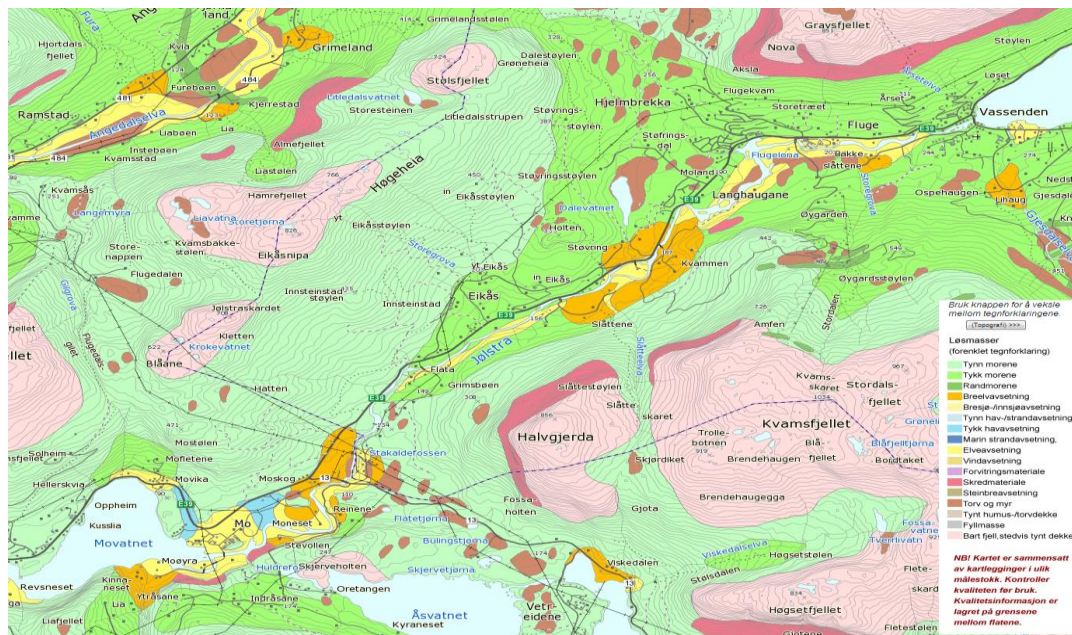
Jølstra er en elv som renner fra Jølstervatnet i Jølstra kommune til Movatn i Førde kommune for deretter å renne videre ut i Førdefjorden (se Figur 5). Mesteparten av Jølstra ligger i Jølster kommune, mens den nederste delen ligger i Førde kommune. Fylket er Sogn- og Fjordane. Berggrunnen i området er granittisk og diorittisk grunnfjellgneis. Det er noe landbruk langs Jølstra. Jølstra skjærer seg ned i terrenget/svakhetszone og er hovedsakelig et utstrømningsområde for grunnvann.



Figur 5. Kart over område. Tunneltraséen er markert med grønn strek. Tjornamyra er markert med brun firkant.

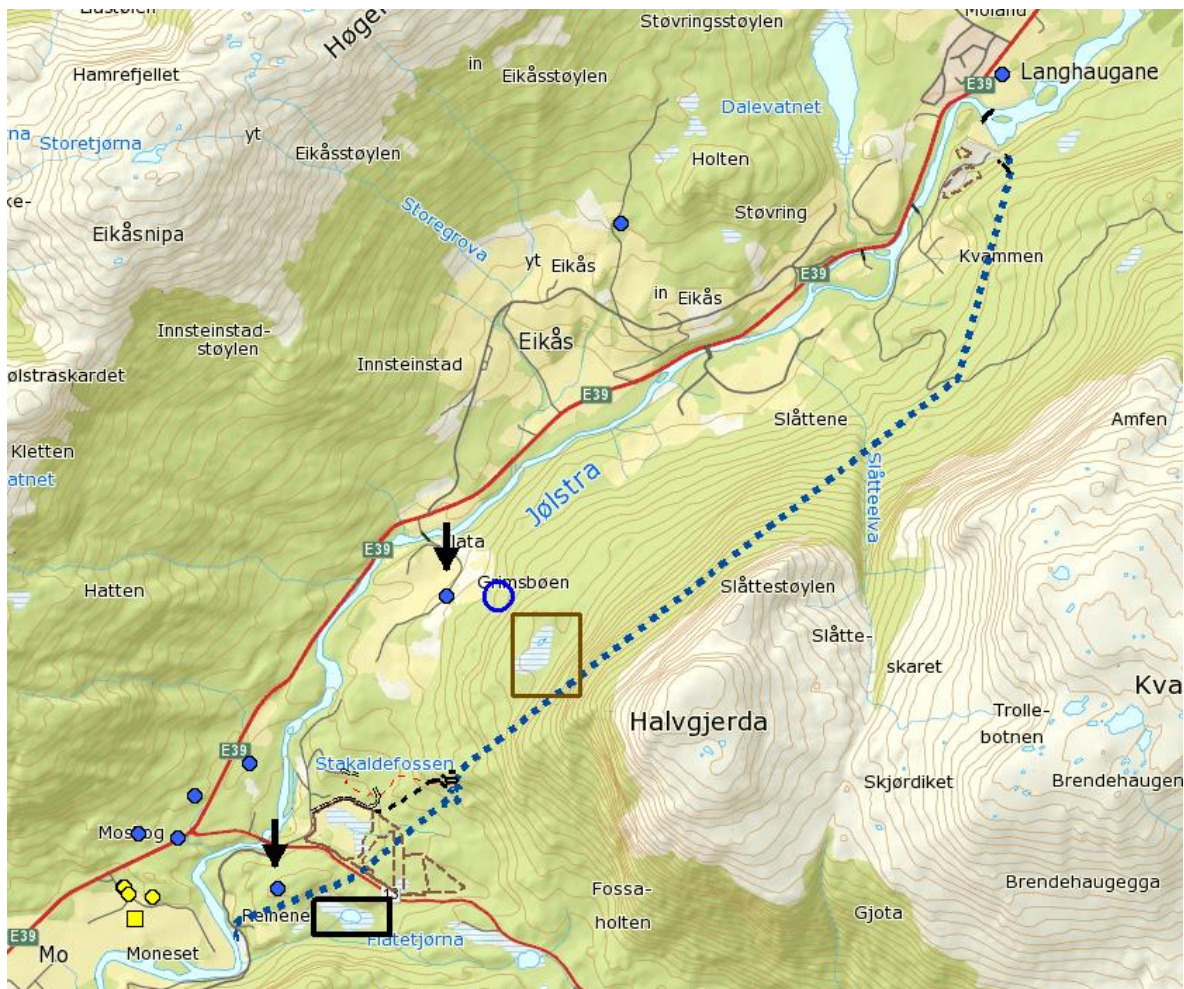
Det er fluviale og glasifluviale avsetninger langs Jølstra (se Figur 6). Tilløpstunnelen vil for det meste gå under områder med morene og skredmateriale (se Figur 6), men vil krysse et myrområde (Tjørnamyra) som kan dreneres av tunnelen (markert med brun firkant i Figur 5). Ved Grimsbøen er det også en kilde som kan påvirkes av tunnelen (se Figur 7).

Siste del av utløpstunnelen vil krysse under noe landbruksområder før den når Jølstra med glasifluviale og fluviale avsetninger (se Figur 6). Tilløpstunnelen vil også krysse et våtmarksområde (Tjørnamyra) som kan dreneres av tunnelen (se Figur 7)



Figur 6. Løsmasse kart over området. Kilde: NGU

Det er to fjellbrønner i området som kan påvirkes av tunnelen (se Figur 7). Den nordligste brønnen har en vannyttevne på ca. 5000 l/time. Den nederste brønnen mangler data om ytevne. En ytevne i brønnen på 5000 l/time indikerer at tilløpstunnelen kan krysse sprekkesoner i fjellet med en del vann. Slåtteeelva går ned fra Kvamsfjellet i et skar kalt Slåtteskaret. Slåtteskaret er en klar sprekkesone i dette området. Tilløpstunnelen vil krysse dette skaret. Her kan det bli betydelige lekkasjer inn i tilløpstunnelen under anleggsfasen (kan også komme innlekkasjer i driftsfasen hvis det er høyt nok grunnvannstrykk).



Figur 7. Kart som viser de to fjellbrønnene som kan påvirkes av tunneltraséen (sorte piler). Blå ring markerer en naturlig kilde. Tjørnamyra er markert med brun firkant. Våte områder ved utløpstunnelen er markert med sort firkant. Vannkraft-trasè er markert med grønn strek. Kilde: NGU Granada register.

4.2 INNTAKSOMRÅDET

Inntaksområdet ligger ved Tongahølen ved Langhaugane (se Figur 7). Det er ikke våtmarker/myrer i dette området. Det er noe glasifluviale avsetninger ved elven, og dette vil antagelig graves i ved inntakspartiet. Deretter vil tunneltraseen gå over i områder der løsmassene over fjell består av morene. Det er ikke brønner i dette området som vil påvirkes av tunnelen. Det er heller ikke bygninger i området som kan få setningskader.

4.3 BERØRT ELVESTREKNING

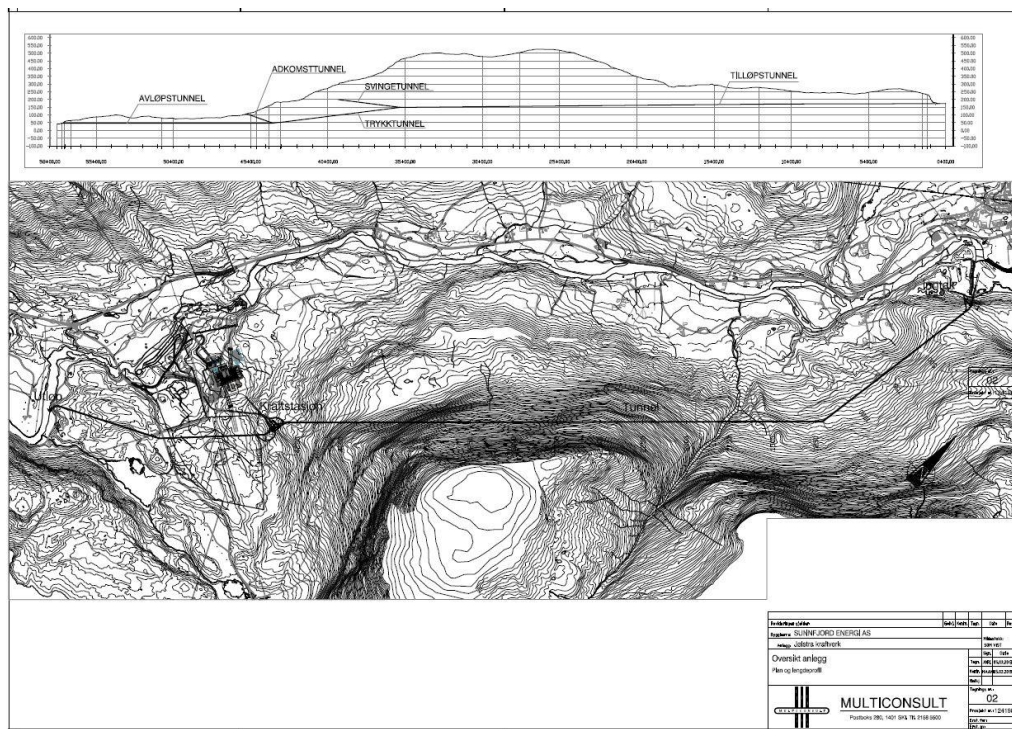
Området som berøres av tenkt regulering ligger mellom inntaket ved Langhaugane og utløpet ved Reinene. I Stakaldefossen ligger det et kraftverk i dag. Dette vil kun produsere på flomvann etter reguleringen. Det er landbruk langs elvestrekningen. Elven er hovedsakelig utstrømningsområde for grunnvann. Grunnen til dette er at elven har gravd seg ned i terrenget og det er stort sett bratt helning ned mot elven fra sidene. Dette fører til at grunnvannet renner fra sidene og ut i Jølstra.

4.4 TIPPOMRÅDER

Deponering av sprengstein kan forurense grunnvannet. Hovedproblemet vil sannsynligvis være nitrogenforurensning fra sprengstoff. Områdene som er foreslått som midlertidige deponi for sprengstein ligger lavt i terrenget ned mot Jølstra, hovedsakelig i brelvavsetninger. Grunnvannet som passerer disse områdene vil etterpå sige ut i Jølstra. Det er ikke registrert bruk av grunnvann mellom tippområdene og utstrømningsområder i Jølstra.

4.5 OMRÅDE SOM KAN PÅVIRKES AV TUNNEL

Tunnelen kan deles inn i tilløpstunnel oppstrøms fremtidig kraftverk (4260 meter) og utløpstunnel nedstrøms fremtidig kraftverk (se Figur 8).



Figur 8. Tegning med profil for tunnelen og kotekart der tunnelen og kraftstasjon er tegnet inn.

Tilløpstunnel

Området over tilløpstunnelen har stort sett løsmasser i form av morene og skredmateriale. Elva Slåtteelva krysser traseen (se Figur 7). Denne elva kan få påvirket vannføringen av tunnelen. Tunneltraseen krysser i nærheten av Tjørnamyra. Myrer og våte områder er sårbare for en redusering av grunnvannstand. En redusert grunnvannstand vil kunne føre til uttørring av øverste del av myra. (se Figur 7). Det er en fjellbrønn som kan påvirkes av tunnelen i dette området og en kilde (se Figur 7). Det kan finnes kilder som ikke er registrert. Det er ingen setningsutsatt bygningsmasse som kan påvirkes av endringer i grunnvannstand i dette området.

Utløpstunnel

Det er en fjellbrønn rett nord for utløpet som kan påvirkes av utløpstunnelen (se Figur 7). Nedre del av utløpstunnelen går også under et landbruksområde og flere myrlendte partier (se Figur 7). I området rett før utløpet av tunnelen ved Reinene er det en bondegård som ser ut til å ligge på breelavsetninger. Det er ikke sannsynlig at det vil bli setningsproblemer her. Breelavsetninger er grove masser som sannsynligvis ikke vil få problemer med setninger før grunnvannstanden reduseres mange meter.

4.6 VERDIVURDERING

Det er kun registrert to fjellbrønner som er nær nok tunneltraseen til å kunne påvirkes av lekkasje inn i tunnelen. I tillegg er det en naturlig kilde i området som brukes som vannkilde (se Figur 7). Grunnvann som vannkilde har altså vært utnyttet i begrenset omfang fram til i dag, men det er potensiale for større grunnvannsuttak fra fjellet i dette området. Da hovedsakelig fra enkeltbrønner. Det er en del landbruk langs Jølstra som teoretisk kan påvirkes av lavere grunnvannstand, men det er ikke trolig at lavere vannføring i Jølstra vil påvirke landbruket da Jølstra hovedsakelig er et utstrømningsområde. Det betyr at det er tilsiget av vann fra de lokale nedbørsfeltene som er vannkilden til landbruket. Som landbruksområde er området ned mot Jølstra verdifullt.

Tippområdene er tenkt plassert i nærheten av Jølstra på breelavsetninger. Det er ikke registrert løsmassebrønner i disse avsetningene i dag. Områdene har en viss verdi som drikkevannskilder da de kan tenkes å ha høy vanngiverevne og være egnede plasseringer for løsmassebrønner.

5 Omfang og konsekvenser

5.1.1 Generelt

Grunnvannsnivået i berg kan bli senket i forbindelse med innlekkasjer av grunnvann til tunneler. Der hvor grunnvann i berg har sitt grunnvannsspeil i overliggende løsmasser, kan dette føre til senkning av grunnvann også i løsmassene over fjellet.

I fast berg beveger grunnvann seg i åpne sprekker og i svakhetssoner (forkastninger, forvitringssoner, bergartsgrenser). Der tunneler kommer i kontakt med slike vannførende soner kan det oppstå problemer med innlekkasje av grunnvann til tunnelene.

Bergoverdekning over tunnelen er også en viktig faktor for innlekkasje; ved høy overdekning er det vanligvis få åpne sprekker, samtidig vil høy overdekning tilsi høyt grunnvannstrykk. Erfaring tilsier at tunneler med stor overdekning har et stort grunnvannsreservoar og har ofte større totale lekkasjer enn tunneler med liten overdekning. Det vil ofte være et punkt der trykket fra overdekkende masser blir så stort at sprekker kollapser og den hydrauliske ledningsevnen reduseres betraktelig. Hvor dyp en tunnel må være for at dette skal skje vil avhenge av forhold som bergartstype og spenningsforhold i berget.

I utgangspunktet er ofte lekkasjer knyttet til:

- Svakhetssoner: forkastningssoner, knusningssoner, dype forvitringssoner (ofte sammenfallende)
- Større enkeltsprekker
- Gangbergarter

Det gjelder derfor å vise forsiktighet ved kryssing av slike. Kartlegging av sprekkesoner i forhold til tunneltrasè er derfor viktig.

Innlekkasje av grunnvann i tunnelen kan gi redusert grunnvannsnivå og poretrykksendringer i området over og rundt tunnelen. De mest sårbare naturtypene er knyttet til våte naturtyper som i utgangspunktet er avhengig av at grunnvannsspeilet står nær terrengnivå, som myr, sumpskog, tjern, vann og vassdrag. Naturlige oppkommer og mikroklima i forbindelse med oppkommer er veldig sårbare for endringer i grunnvannsnivået.

Sårbarheten er avhengig av hvordan grunnvannsnivået vil påvirkes av tunneldrivingen i forhold til naturlige variasjonsmønstre, og hvordan eventuelle endringer vil påvirke vegetasjon og vannkvalitet.

5.2 ANLEGGSFASEN

I anleggsfasen vil det være undertrykk både i tilløpstunnelen og i utløpstunnelen. Dette betyr at det er sannsynlig med en viss innlekkasje til hele tunnelen i anleggsfasen. Dette kan være et problem der tunnelen krysser svakhetssoner i fjellet og for våte områder som myrer og tjern.

5.3 DRIFTSFASEN

I driftsfasen vil det stå trykk i tilløpstunnelen. Dette trykket kan være mindre enn trykket fra grunnvannet rundt. Grunnen til dette er at fallet på kraftverket er på 132 meter mens fjelloverdekningen over store strekninger av tilløpstunnelen er større enn 132 meter. Hvis grunnvannsspeilet står opp mot terreng så vil vannsøylen over tunnelen være så høy at det vil kunne lekke vann inn i tilløpstunnelen. Det vil derfor være sannsynlig med innlekkasjer i deler av tilløpstunnelen også i driftsfasen, men lekkasjen vil uansett være lavere enn i anleggsfasen. Lekkasjer vil sannsynligvis avta over tid som en følge av en gradvis senkning av grunnvannsspeilet omkring tunnelen fra en initiell transient tilstand til en langsiktig stasjonær tilstand. I tillegg er det flere naturlige prosesser som fører til at tunneler blir tettere med tiden. Den viktigste er utfelling/mineralisering i sprekker pga. pH-økning, trykkendringer og/eller oksidering. Det finnes eksempler på at tunneler innlekkasje reduseres mest (opp mot 50 %) i løpet av de første årene etter etablering.

Utløpstunnelen nedstrøms kraftstasjonen vil ha undertrykk og vil høyst sannsynligvis drenere grunnvann også i driftsfasen.

5.3.1 *Inntaksområdet*

Det er ingen registrerte grunnvannskilder eller brønner ved inntaksområdet. Det er heller ikke registrert spesielt sårbar natur med tanke på endring i grunnvannsnivå som følge av grunnvannsdrenering.

5.3.2 *Berørt elvestrekning*

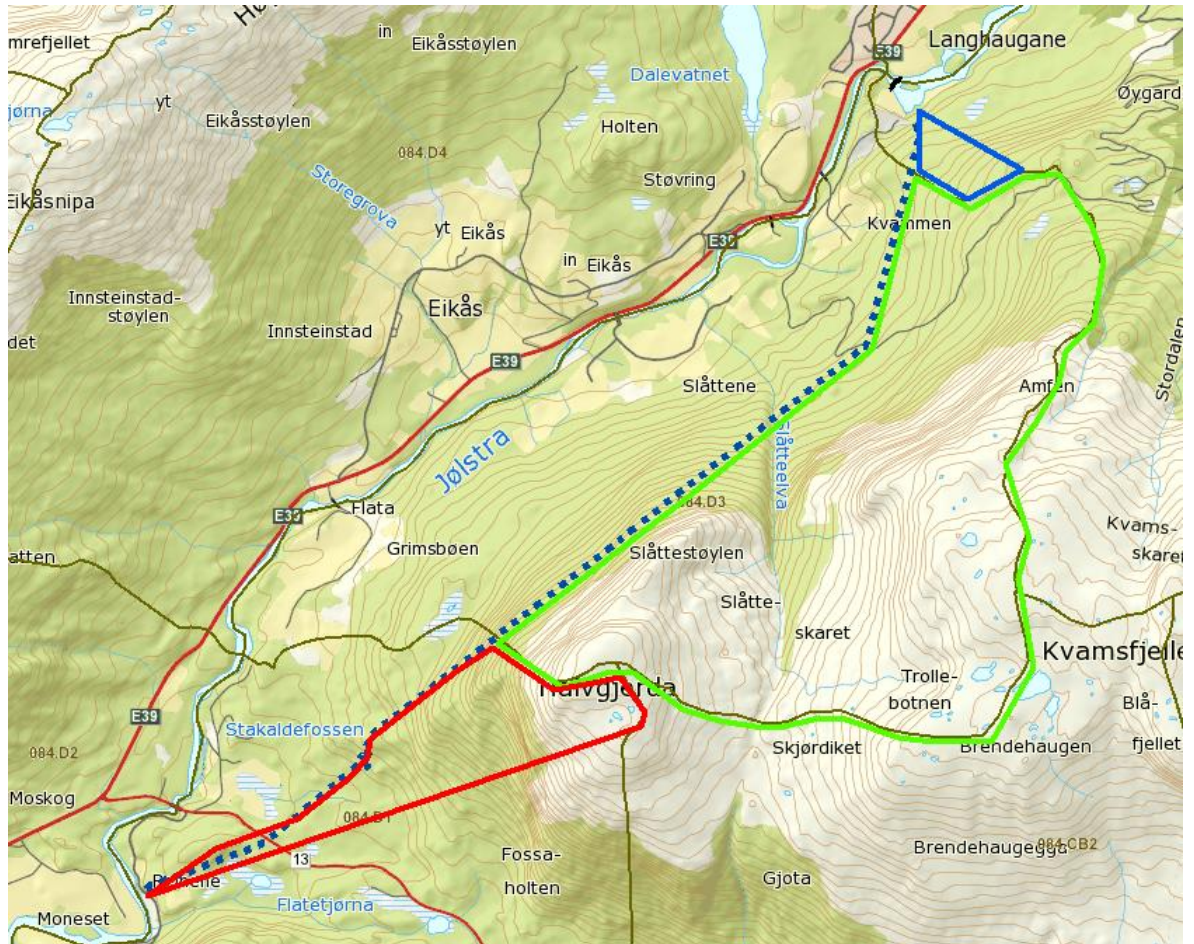
Den berørte elvestrekningen er nedstrøms inntaket ved Tongahølen ved Langhaugane og oppstrøms uttaket ved Reinene. Vannføringen i dette området vil bli betydelig mindre sommer og høst, mens vannføringen om vinteren og våren blir påvirket i mindre grad. Terrenget, og også grunnvannet har en sterk helning mot elva noe som fører til at Jølstra hovedsakelig er et utstrømningsområde for grunnvann. Dette fører til at en endring i vannstand i elva ikke vil ha en nevneverdig innvirkning på grunnvannsnivået ved Jølstra og dermed ikke vil påvirke landbruket i nærheten.

5.3.3 *Tippområder*

Tippområdene vil kunne øke innholdet av nitrogen i grunnvannet som deretter renner ut i Jølstra. Dette gjør at disse områdene vil være mindre attraktive som grunnvannskilder i fremtiden. Tippområdene er planlagt i områder med breelvasetninger. Disse avsetningene er som regel grove. Dette betyr at vann fra overflaten lettere kommer i kontakt med grunnvannet. Dette innebærer at grunnvannet kan få forhøyede verdier av nitrogen over en begrenset periode, og vil kunne medføre en noe forhøyet nitrogenkonsentrasjon i elva. Jølstra har ifølge NVE vann-nett en svært god tilstand i forhold til innholdet av total nitrogen. Målinger av total nitrogen i Jølstra bør vurderes for å registrere eventuelle endringer i forbindelse med anleggsarbeid og deponering av sprengstein.

5.3.4 Område som kan påvirkes av vannkraft-tunnel

Området som vannkraft-tunnelen går igjennom kan deles inn i nedslagsfelt (se Figur 9).



Figur 9. Vannkraft-tunnel markert med svart strek. Delnedbørsfelt til vannkraft-tunnelen er markert med blått, grønt og rødt. Område med tenkt kraftverk er markert med grå firkant. Norge er delt inn i nedslagsfelt av NVE kalt regine nedslagsfelt. Vannkraft-tunnelens røde nedslagsfelt ligger i regine felt 084.D1. Vannkraft-tunnelens grønne nedslagsfelt ligger i regine felt 084.D3. Vannkraft-tunnelens blå felt ligger i regine felt 084.D5.

Negative konsekvenser for jordbruk, skogbruk og biotoper generelt vil være avhengig av hvor mye vann som drenerer inn i tunnelene og hvor mye vann det er tilgjengelig i området. Dette er et område hvor det er mye nedbør slik at det er i utgangspunktet ikke veldig sårbart. Det vil også være mye vann tilgjengelig i varme sommerperioder på grunn av bresmelting. Tabell 1, 2 og 3 viser sammenhengen mellom totalt vann tilgjengelig og innlekkasjesenarioer for de tre nedslagsfeltene i Figur 9. Innlekkasjesenarioene er ikke basert på utregninger, men er kun eksempler.

Tabell 1: Forhold mellom innlekkasjescenarioer og totalt vann tilgjengelig i nedbørsfeltet til tunnelen for blått nedbørsfelt fra Figur 9.

lekkasje (l/min pr 100 m tunnel)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Avrenning (mm/år)													
1400	5 %	11 %	22 %	33 %	44 %	55 %	65 %	76 %	87 %	98 %	109 %	120 %	131 %

Tabell 2: Forhold mellom innlekkasjescenarioer og totalt vann tilgjengelig i nedbørsfeltet til tunnelen for grønt nedbørsfelt fra Figur 9.

lekkasje (l/min pr 100 m tunnel)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Avrenning (mm/år)													
2200	0 %	1 %	1 %	2 %	3 %	3 %	4 %	5 %	5 %	6 %	7 %	8 %	8 %

Tabell 3: Forhold mellom innlekkasjescenarioer og totalt vann tilgjengelig i nedbørsfeltet til tunnelen for rødt nedbørsfelt fra Figur 9.

lekkasje (l/min pr 100 m tunnel)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Avrenning (mm/år)													
1500	2 %	5 %	9 %	14 %	19 %	24 %	28 %	33 %	38 %	43 %	47 %	52 %	57 %

Tabell 1 viser at det er det blå feltet som har minst vann tilgjengelig, men dette området er generelt lite sårbart da det ikke er registrert myrer, tjern, brønner eller setningsutsatte bygninger her. Elven vil kunne mate en del vann til tunnelområdet også.

Tabell 2 viser at det grønne feltet fra figur 9 har mest vann av de tre. Tjørnamyra ligger langs tunneltraseen i dette området og det kan tenkes at Tjørnamyra kan dreneres noe. Dette kan ha negative konsekvenser for biotopen da det er våte områder som myrer og tjern som er mest sårbare ved en senkning av grunnvannsnivået. Tjørnamyra er allikevel ikke registrert som spesielt viktig eller med rødlistede arter. Drenering av området kan unngås ved å ha strengere tettekraft under Tjørnamyra. Tilløpstunnelen krysser Slåtteskaret ca. ved pøl 1750 som er en stor svakhetssone. Her vil det være sannsynlig med betydelige innlekkasjer under anleggsfasen. Slåtteeelva går i Slåtteskaret ned fra Kvamsfjellet og krysser kulturlandskapet ned mot Jølstra. Det vil være ønskelig at vannføringen i Slåtteeelva ikke blir veldig påvirket av vannkraft-tunnelen. Sannsynligvis vil ikke tunnelen påvirke vannføringen i elven i stor grad da det er mye vann tilgjengelig i området. Det er en fjellbrønn som kan påvirkes av vannkraft-tunnelen i dette området og en kilde (se figur 7). Det er ingen setningsutsatt bygningsmasse som kan påvirkes av endringer i grunnvannstand i dette området.

Tabell 3 viser at det røde feltet fra figur 9 også har mye vann og tåler en del innlekkasje, men denne delen av vannkraft-tunnelen (nedre del av tilløpstunnelen og utløpstunnelen) går under et landbruksområde og flere steder som er myrlendt (se figur 9). Her er det også en fjellbrønn ganske nære traseen. Disse områdene kan påvirkes negativt av en senkning av grunnvannstand. Kraftstasjon i fjell med adkomsttunnel i dette området vil også kunne øke dreneringen av grunnvann. Rett før utløpet av vannkraft-tunnelen ved Reinene er det en bondegård som ser ut til å ligge på breelavsetninger. Det er ikke sannsynlig at det vil bli setningsproblemer her. Breelavsetninger er grove masser som sannsynligvis ikke vil få problemer med setninger før

grunnvannstanden reduseres mange meter. Dette er også så nærme Jølstra at elven kan bidra med vann inn i massene.

Sårbarheten i dette nedbørsfeltet er noe større enn for nedbørsfeltene lenger oppstrøms grunnet annen bruk av områdene. Utløpstunnelen vil kunne drenere mer vann (ikke trykk i tunnelen) og det er noe mer sårbare områder over denne delen av tunnelen. Det anbefales derfor å sette en noe strengere grense på maksimal innlekkasje for utløpstunnelen. I dette området vil det også være flere installasjoner i fjellet som vil drenere grunnvann (kraftstasjon og adkomsttunnel til kraftstasjon). Nedre del av tilløpstunnelen vil stå under så høyt trykk at det ikke er sannsynlig med innlekkasje.

Det er blitt regnet ut innlekkasjemengder for utløpstunnelen da sårbarheten for dette området er noe større enn for tilløpstunnelen.

En likning som brukes til å beregne innlekkasje til tunnel hvor tilstand av likevekt er nådd er raymer's likning:

$$Q = 2 * L * (R * T * (s - (s^2 / 2 * b)))^{0.5}$$

der Q er innlekkasje, R er mengden vann som infiltrerer grunnen fra nedbør, L er lengden på tunnel, T er dybdeintegret hydraulisk ledningsevne i fjellet (transmissivitet), b er vannførende mektighet på fjellet og s er senkningen av grunnvannsspeil forårsaket av tunnelen.

Med en gjennomsnittlig mektighet av berg på 25 meter over utløpstunnelen og en antagelse om at grunnvannsspeilet går ned til bunnen av tunnelen blir senkningen av grunnvannsspeilet (s) på 25 m. Dette er et «worst case» i forhold til senkning av grunnvannsspeil. Videre er det forutsatt et vannførende fjelldyp på 40 meter (brukes til å regne ut transmissivitet eller dybdeintegret vannledningsevne). Mengden vann som infiltrerer grunnen er satt til mellom 10 % og 30 % av total avrenning (total avrenning er ca. 1.5 m/år, kilde: NVE atlas). Utløpstunnelen er 1350 m lang. Tabell 4 viser resultatet av innlekkasje beregnet med denne likningen.

Tabell 4: Innlekkasje for utløpstunnel for forskjellige scenarier for infiltrasjon og hydraulisk ledningsevne beregnet ved raymer's likning (stasjonære forhold)

Infiltrasjon m/år	Lengde m	Senkning grunnvannsspeil m	Vannledningsevne	Transmissivitet m ² /s	Innlekkasje l/min/100m
0.15	1,350	25	5.00E-06	2.50E-04	56.66
0.45	1,350	25	5.00E-06	2.50E-04	98.14
0.15	1,350	25	6.00E-07	3.00E-05	19.63
0.45	1,350	25	6.00E-07	3.00E-05	34.00

Det er usikkerheter forbundet med denne type utregning. Vannledningsevnen til berget er den største usikkerheten. I utregningen varierer den fra $5 * 10^{-6}$ m/s til $6 * 10^{-7}$ m/s. Det er rimelig å anta at den hydrauliske ledningsevnen for denne fjelltypen er i dette intervallet. Denne hydrauliske ledningsevnen er i samme størrelsesorden som funnet i litteratur for skandinaviske fjell (Banks et al, 2010). Tabell 4 viser at innlekkasjemengdene ut fra disse forutsetningene varierer fra 20 l/min/100m til 98 l/min/100m. Dette illustrerer også at det er stor usikkerhet. 98 l/min/100m kan sannsynligvis sees som et «worst case».

Tabell 3 viser at en innlekkasje på 20 l/min/100 m er ca. 9 % av totalt vann tilgjengelig for dette området. En innlekkasje i denne størrelsesorden vil sannsynligvis ikke påvirke områdene over tunnelen i stor grad. 98 l/min/100 m er ca. 47 % av totalt vann tilgjengelig. En så høy innlekkasje vil kunne påvirke området over tunnelen negativt. 98 l/min/100 m er et «worst case» ved stasjonære forhold. Stasjonære forhold betyr at tunnelen har eksistert en stund. Det kan forventes høyere innlekkasje i drivefasen før ny likevekt inntreffer. Innlekkasjen til tunnelen vil altså som regel avta over tid.

6 Avbøtende tiltak

Det bør vises forsiktighet ved krysning av svakhetssoner som Slåtteskaret. Det bør vurderes tiltak for å forebygge eventuelt store innlekkasjer

Eierne av brønnene 1 og 2 bør kontaktes. Vannmengdene i disse brønnene bør måles i forkant av tunneldriving slik at eventuelle skader kan vurderes. Kilden ved Grimsbøen bør også sjekkes for vanngiverevne. Det bør gjennomføres en grundig registrering av alle husstander langs traseen for å avdekke eventuelle andre grunnvannsbrønner/kilder som kan bli påvirket av anlegget. Dette kan gjøres i neste fase av arbeidet, men viktig at gjøres før anleggsarbeidet begynner.

I utgangspunktet er dette området lite sårbart på grunn av store mengder vann fra nedbør og smelting. Området rundt utløpstunnelen er mer sårbart enn tilløpstunnelen på grunn av noe våte naturtyper og noe landbruk i dette området. Det vil også være flere installasjoner som vil drenere grunnvann her (kraftstasjon og adkomsttunnel). Derfor bør tettekravene være noe strengere for utløpstunnelen enn for tilløpstunnelen. Det er lite bygninger over tunneltraseen slik at fare for setningsproblemer anses som svært liten.

Det bør være satt maksimale lekkasjekrav for både tilløpstunnelen og utløpstunnelen før arbeidet med tunnelen begynner. Lekkasjekravene må baseres på sårbarheten til naturen over tunnelen. Disse trenger ikke være veldig strenge da dette er et område med mye vann tilgjengelig fra nedbør og smelting. Tabell 3 viser at ved innlekkasje på 40 l/min/100 m for utløpstunnelen så lekker ca. 19 % av totalt vann tilgjengelig ned i tunnelen. For utløpstunnelen kan lekkasjekrav settes til 40 l/min/100m. For tilløpstunnelen kan lekkasjekravet være noe høyere. Tilløpstunnelen vil stå under trykk i driftsfasen noe som vil føre til mindre innlekkasje.

7 Referanser

Banks, D., Gundersen, P., Gustafson, G., Makel, J., and Morland, G.: Regional similarities in the distributions of well yield from crystalline rocks in Fennoscandia, Norg. Geol. Unders. B., 450, 33–47, 2010