

Oppdragsgiver	Navn Høgevarde AS	Kontaktperson Grinaker Utvikling v/ Knut Sterud
Oppdrag	Nummer og navn 20382 – Høgevarde Kulturpark	Oppdragsleder Lars Staver Eid
Dokument	Nummer 20382-03-1 – Hydrologisk og teknisk beskrivelse av planlagte tiltak Utført av Lars Staver Eid	Dato 2022-02-28 Kontrollert av Petter Reinemo og Ragnhild Hammeren

Høgevarde Fritidspark – hydrologisk og teknisk beskrivelse av planlagte tiltak

Versjonshistorikk:

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
2	28.2.2022	LSE	PR, RH	For bruk i konsesjonssøknad
1	28.5.2021	LSE	PR	For diskusjon i prosjektgruppe

Sammendrag

Rapporten oppsummerer tekniske og hydrologiske forhold for utarbeidelsen av reguleringsplan for Høgevarde Fritidspark, samt vannuttak for snøproduksjon i Høgevarde Alpinsenter. Vurdering av flomfare følger av Skred AS rapport 20382-01-2

Det er utført hydrologiske analyser for vurdering av uttak for vann fra Gulsvikelva for snøproduksjon, samt gjort vurderinger rundt muligheten for slipp av ekstra vann fra Fyrisjøen som en reserve i tilfelle svært lav vannføring i elva.

Planlagte endringer av vannveiene i Fritidsparken for forbedring av fiskeforhold er beskrevet, samt premisser knyttet til etablering av dam i Nordre Fisketjern og etablering av nye gytebekker.

Dam Nordre Fisketjern samt rehabilitering av en gammel steindam i Fyrisjøen vurderes plassert i konsekvensklasse 0 iht. damsikkerhetsforskriften.

Innhold

1	Innledning.....	3
1.1	Bakgrunn.....	3
1.2	Om prosjektet.....	3
1.3	Befaring.....	3
1.4	Verneplan for vassdrag.....	4
1.5	Forbehold.....	4
2	Vannuttak fra Gulsvikelva for snøproduksjon, slipp av reservevann fra Fyrisjøen	5
2.1	Formål.....	5
2.2	Vannbehov, maksimalt vannuttak.....	5
2.3	Inntaksløsning.....	6
2.3.1	Lokalisering.....	6
2.3.2	Utførelse.....	9
2.4	Minstevannføring i Gulsvikelva	9
2.5	Vannreserve Fyrisjøen – reetablering vederlag dam Fyrisjøen.....	10
2.5.1	Nødvendig tappehøyde.....	10
2.5.2	Restaurering av gammel steindam	10
2.5.3	Bruddvannføring og klassifisering.....	12
2.6	Slipp, måling og dokumentasjon av minstevannføring	13
2.6.1	Vannføring Gulsvikelva ved uttakssted	13
2.6.2	Slipp av vann fra Fyrisjøen.....	13
2.6.3	Måling av vannuttak fra Gulsvikelva	13
3	Utvidelse vannspeil nordre Fisketjern og etablering av nye gytebekker	14
3.1	Formål.....	14
3.2	Tilslut lokalfelt rundt nordre Fisketjern	15
3.3	Heving av nordre Fisketjern.....	16
3.3.1	Generelt.....	16
3.3.2	Nøkkeldata for dam / magasin.....	16
3.3.3	Grunnforhold / dybdemålinger	17
3.3.4	Teknisk infrastruktur	19
3.3.5	Foreslått oppbygging av dam	19
3.3.6	Dimensjonerende flomvannstand.....	20
3.3.7	Endring i flomfare for omliggende områder	25
3.3.8	Tiltak langs vannkant ved heving av vannspeil	25
3.4	Gytebekk mellom nordre og søndre Fisketjern.....	26
3.5	Tiltak utløp Søndre Fisketjern.....	28
3.6	Ny gytebekk Søndre Fisketjern - Gulsvikelva.....	29
3.6.1	Eksisterende kulper og flomvei mot Gulsvikelva	31
3.7	Tilleggsmulighet: Pumping av supplerende vannføring til bekkeløp fra Gulsvikelva	33
4	Referanser	34

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Høgevarde AS utarbeider reguleringsplan for Høgevarde Fritidspark i Flå Kommune. Det ønskes å tilrettelegge for økt friluftaktivitet sentralt i utviklingsområdet rundt Høgevarde alpiner. Arbeidet koordineres av Grinaker Utvikling AS.

Skred AS har bistått med hydrologiske analyser av Gulsvikelva og fra lokalfelt rundt området, samt utarbeidet en flomfarevurdering for reguleringsplanen. Vi har også deltatt i utvikling av konsept for etablering av nye vannveier i området og premisser for vannuttak for snøproduksjon.

Rambøll Norge utarbeider konsesjonssøknad til NVE for vassdragstiltak i tilknytning til planen. Naturrestaurering AS har utarbeidet en rapport om naturmangfold og karbonregnskap for tiltakene, og utført en kartlegging av akvatisk miljø.

Denne rapporten oppsummerer vurderinger knyttet til planlagte tekniske tiltak innenfor planområdet, og er ment som et utdypende grunnlag for vurdering av konsesjonssøknad og reguleringsplan.

1.2 Om prosjektet

Vi har strukturert rapporten i to hoveddeler, der de planlagte tiltakene er beskrevet:

- Vannuttak fra Gulsvikelva for snøproduksjon, samt slipp av reservevann fra Fyrisjøen (kapittel 2)
- Heving av vannspeil i Nordre Fisketjern, etablering av nye gytebekker (kapittel 3)

Dette er i hovedsak to uavhengige problemstillinger. Vannuttak fra elva for snøproduksjon vil være uavhengig av hva som gjøres med fiskeforholdene i Nordre Fisketjern. Installasjon for vannuttak fra elva for snøproduksjon vil også kunne tjene som en ekstra sikkerhet for tilstrekkelig gjennomstrømning og vannføring i tjern og nye gytebekker i svært tørre perioder sommerstid.

1.3 Befaring

Skred AS har vært på befaring av området i flere omganger.

Befaring for flomfarevurdering ble utført 14.10.2020. Innmåling av myrddybder ble utført 11.11.2020, mens dybdemåling av tjern og supplerende innmåling av myrddybder ble utført 14.4.2021 og 7.10.2021.

1.4 Verneplan for vassdrag

Området ligger innenfor verneplan for vassdrag, under oppføring 012/3 Norefjellområdet. Den store betydningen for friluftsliv lå til grunn for vernet av dette området.

1.5 Forbehold

Det henvises til flomfarevurdering (Skred AS, 2021a) og utdypende hydrologiske analyser for vannføring i Gulsvikelva (Skred AS, 2021b) for forbehold for de underliggende hydrologiske vurderingene.

Generelt er innspill og råd i denne rapporten basert på de fremlagte planer og føringer fra Høgevarde AS, samt fremlagt input fra andre fagdisipliner og tilgjengelig informasjon om grunnforhold. Ved endringer i disse premissene bør anbefalingene i denne rapporten vurderes på nytt.

2 Vannuttak fra Gulsvikelva for snøproduksjon, slipp av reservevann fra Fyrisjøen

2.1 Formål

Det planlegges en fremtidig utvidelse av alpinsenteret ved Høgevarde. Det vil være behov for vannforsyning til et snøproduksjonsanlegg over korte perioder vinterstid.

Vi er bedt om å se på mulighetene for uttak av vann fra Gulsvikelva for planlagt snøproduksjonsanlegg. Det henvises til et eget notat (Skred AS notat 20382-02-2) der vi har sett i detalj på det hydrologiske grunnlaget for vannføring i Gulsvikelva og fastsettelse av alminnelig minstevannføring. Det ble tidlig diskutert hvorvidt man kunne hente vann fra Nordre Fisketjern, dette ble gått bort ifra grunnet tjernet begrensede volum og tilsig.

2.2 Vannbehov, maksimalt vannuttak

Vannbehov for snøproduksjon er estimert av Norwegian Snow Consultants. I beregninger fremlagt i epost 26.1.2021 er det maksimale vannbehovet estimert basert på snølegging av alle eksisterende alpinløyper samt en planlagt utvidelse. Langrennsløyper er her ikke inkludert. Dette er trolig et kraftig overdrevet anslag, ettersom alle løypene trolig ikke vil ha behov for kunstsno og ha behov for samtidig snølegging. Etter føring fra Grinaker Utvikling AS legges likevel disse konservative estimatene til grunn for videre vurderinger.

Vannbehovet for snøproduksjon er oppsummert i tabellen under.

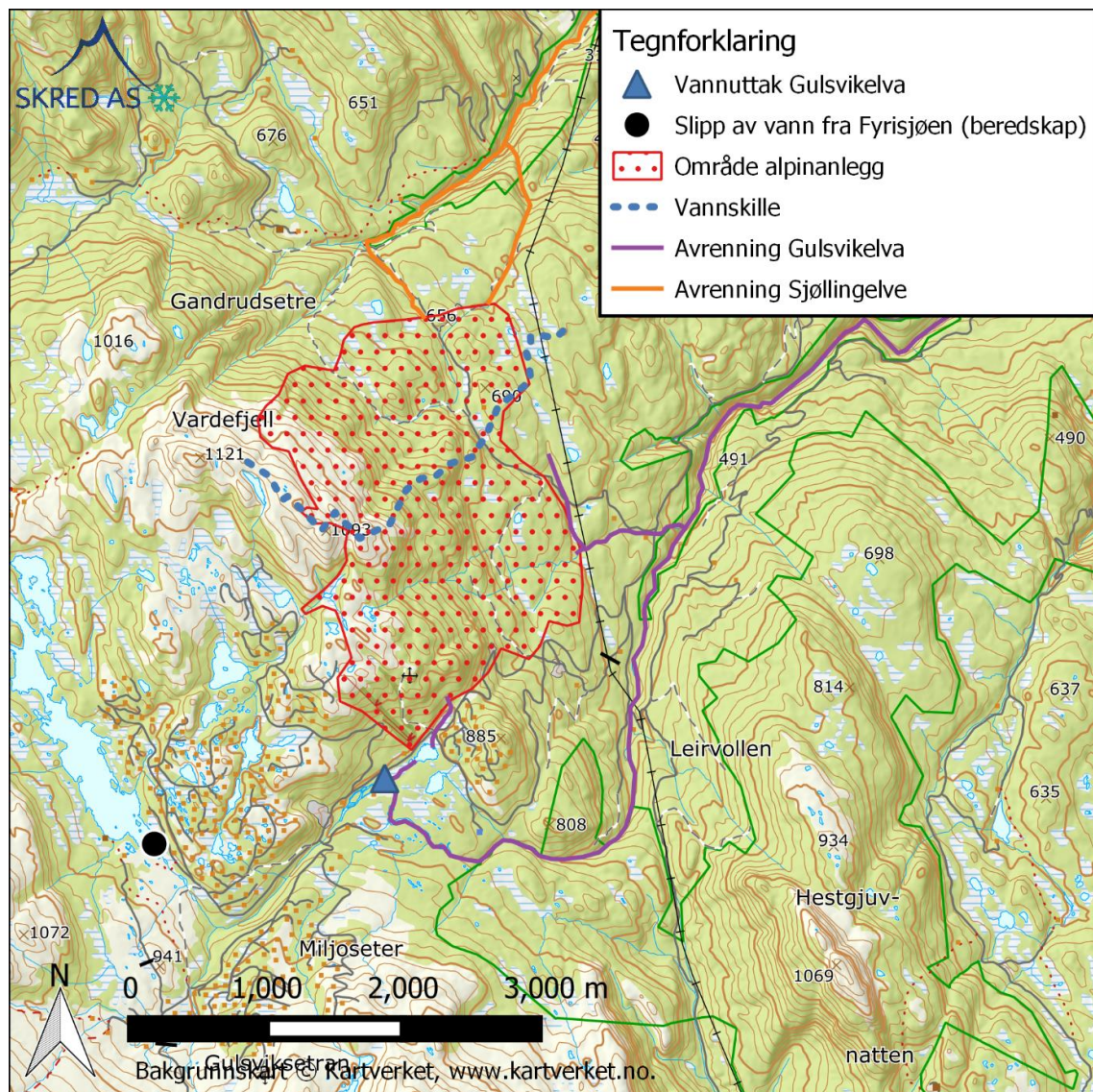
Tabell 1: Estimert vannbehov for snøproduksjon (Norwegian Snow Consultants)

Område	Totalt vannbehov snølegging	Varighet snølegging	Maks. pumpekapasitet
Fullt utbygd alpinanlegg (660 000 m ²)	165 000 m ³	200 t (8,3 dager)	230 l/s

Løypenettet for alpinanlegget er under utarbeidelse ifm. reguleringsplan for HV16. Figur 1 viser en omtrentlig oversikt over område planlagt for alpinanlegg, lokasjon av vannuttak fra Gulsvikelva samt avrenningsmønster for smeltevann.

Ved snøsmelting vil vannet hentet fra Gulsvikelva til snøproduksjon fordele seg mellom en hoveddel som drenerer tilbake til Gulsvikelva lengre nedstrøms, og en del som får avrenning nordover til Sjølingelva.

Økt tilførsel av snø for skianlegg vil potensielt kunne gi noe økt avrenning under snøsmelting i kombinasjon med kraftig nedbør. I tillegg til bidrag fra smelting vil pakkede snøflater kunne gi noe raskere avrenningskarakteristikk. På den andre siden vil pakket snø i et alpinanlegg smelte langsomt og fordeles over lang tid. Hvor vannet til snøproduksjonen er hentet fra vil ikke ha noen betydning for avrenningsforholdene under smelting, ettersom dette oppstår på to forskjellige tidspunkt. Avrenningsforhold fra planlagt alpinanlegg er ikke vurdert som del av vårt oppdrag.



Figur 1: Oversikt over område med fremtidig behov for snøproduksjon, lokasjon av inntak samt retning for avrenning av smelte vann

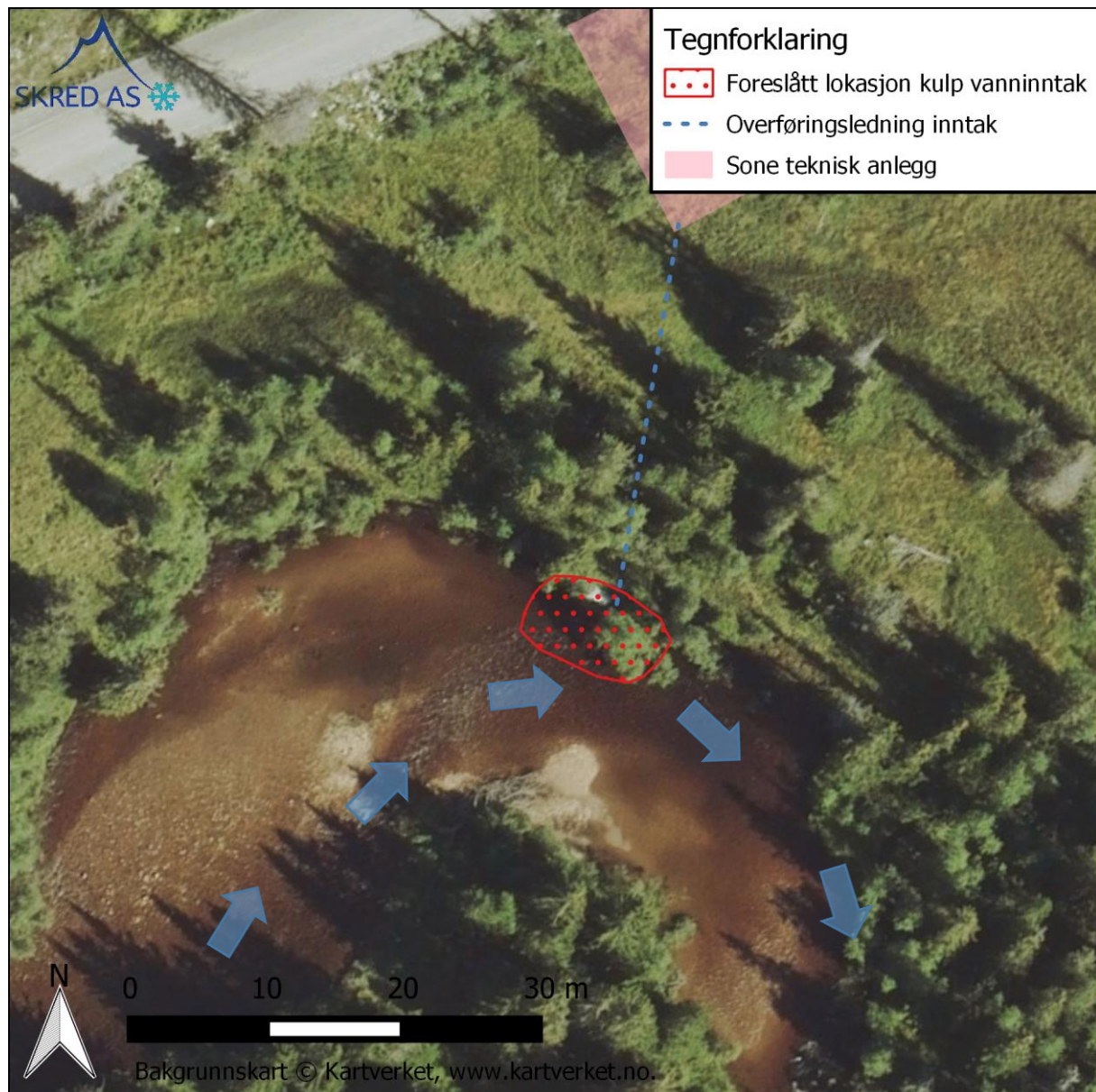
2.3 Inntaksløsning

2.3.1 Lokalisering

Inntak for vann til snøproduksjon tilstrebes etablert med minimale inngrep i vassdraget. Det er derfor ønskelig å unngå å etablere noen form for terskler i tilknytning til inntaket. Tiltaket tenkes lagt i yttersving av Gulsvikelva, elva ligger her i et slakt parti med sandbanker og en naturlig kulp med rolig strømnings i yttersvingen

Det foreslås et sideinntak uten etablering av dam, i tråd med anbefalinger i NVEs «Inntakshåndboken» kap 2.5 (NVE, 2006a). Fra vanninntaket overføres vannet i et dykket rør til et teknisk bygg tilbaketrukket fra elva, med filter og pumpeaggregat spesifisert av leverandør av snøproduksjonsanlegget.

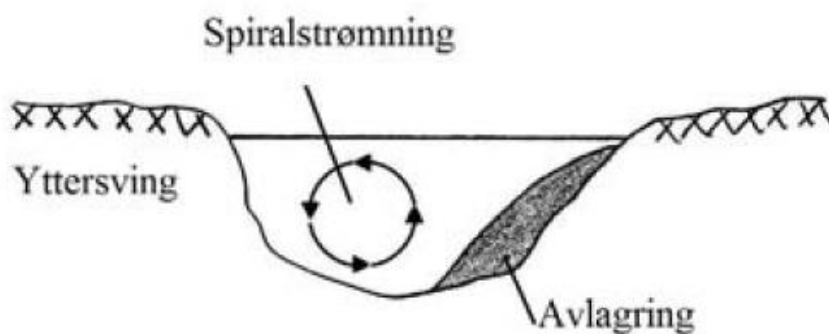
Inntaket må detaljplanlegges med hensyn på is og drivgods, samt håndtering av sedimenter i elva. Inntaksstedet må ha sikker vanntilførsel også ved lav vannføring i elva. Observasjoner fra befaring og fra flyfoto indikerer betydelig sedimenttransport ved inntaket under flom, som vil kunne fylle igjen en inntakskulp om denne plasseres ugunstig. Det foreslås derfor at inntaket plasseres i yttersving av elveløpet, her elva naturlig sørger for at det ikke avsettes sand og grus under flom. Flyfoto av elva i Figur 2 viser en naturlig avsetning av sandbanker i svingen. Plasseringen midt i strømmen vil gjøre inntaket mer utsatt for drivgods, men dette vurderes å ville være løsbart ettersom inntaket ikke vil være i drift i perioder med flom hvor det fraktes drivgods med elva.



Figur 2: Foreslått plassering av vanninntak



Figur 3: Kulp i yttersving av Gulsvikelva foreslått benyttet for vannuttak. Inntakskonstruksjon etableres tilbaketrukket, i flukt med omliggende terreng for minimalt visuell uttrykk.



Figur 4: Prinsipp om spiralstrømning i kurver og avlagring i innersving (NVE, 2006a)

2.3.2 Utførelse

Endelig løsning for utførelse fastsettes under detaljprosjektering.

Selve inntaket vil kunne utføres som en liten betongkum i flukt med elvebredden, med inntaksrist ut mot elva og luke i toppen for adkomst og rensk. Overføringsrør bør ideelt legges på frostsikker dybde (eventuelt isoleres), men nivået på inntaket bør ikke legges lavere enn eksisterende elvebunn. I så fall må håndtering av sedimenttransport og muligheter for rensk vurderes spesielt.

Dagens kulp har en dybde på rundt 1,0-1,5 m. Det kan være aktuelt å grave ut noe ekstra dybde i forbindelse med etablering av inntaket. Normalvannstand i elva ligger på rundt kote 787,0.

Det bør planlegges en oppstillingsplass for maskin for å kunne grave ut sedimenter foran inntak ved behov. Hovedmengden av sedimenttransport vil være knyttet til flomhendelser vår/sommer/høst, det forventes minimal sedimenttransport i elva gjennom vinteren når det er behov for vannuttak. Tilsyn av bunnnivå foran inntak kan rutinemessig gjøres sen høst/ tidlig vinter før sesongen der snøproduksjon er aktuelt.

Under streng kulde vil underkjølt turbulent vann i vassdraget kunne gi driftsproblemer for pumper og rister ved at *aktivt sarr* kan klistre seg til ulike komponenter. Inntak må gis mulighet for adkomst for rensk / fjerning av is fra rist og rør. Det er også viktig at pumpehuset planlegges med tilstrekkelig oppholdstid for vannet før pumping.

Et inntak i yttersving av elva vil være spesielt utsatt for drivgods, og løsningen må tilpasses slik at det ikke tilstoppes. Inntaket vil kun være i drift vinterstid, som forenkler problemet.

Pumpehus for matepumpe/trykkpumpe for snøproduksjonsanlegget kan plasseres et stykke fra selve inntaket, forbundet med et dykket overføringsrør. Norwegian Snow Consultants angir at et 400 mm rør trolig vil være tilstrekkelig, maks 600 mm. Pumpehus må utformes for ikke å ta skade ved dimensjonerende flom i Gulsvikelva, med beregnet flomvannstand for 200-årsflom inklusive klimapåslag på 788,9 moh (antar sikkerhetsklasse F2 iht. TEK 17 §7-2).

Pumpekum må gis tilstrekkelig volum for å opprettholde en stabil vannstand og redusere problematikk knyttet til aktivt sarr. Inntak, overføringsledning og pumpekum bør isoleres, det kan også vurderes å installere varmestreng i rør mellom pumpehus mellom pumpehus og elva. Detaljer rundt pumpehus og inntaksløsning må fastsettes i detaljprosjekteringsfase.

2.4 Minstevannføring i Gulsvikelva

Uttak av vann bør ikke komme i konflikt med minstevannføring i Gulsvikelva.

Skred AS har utført en egen vurdering av ulike sesongpersentiler for lavvannføring i Gulsvikelva, basert på data fra nærliggende målestasjoner og fordelt på ulike måneder i året. Det henvises til Skred AS rapport 20382-02-2 for detaljer.

Alminnelig lavvannføring for Gulsvikelva er i studien skalert fra instrumenterte nabofelt og vurdert til 70 l/s. Korrigert for effektiv sjøprosent vil verdien trolig ligge noe lavere.

Lavvannsindeks i Nevina for Gulsvikelva er funnet å gi en lavere alminnelig lavvannføring på 31 l/s, dette vurderes å være et underestimat.

Dersom vannføring i elva er så lav at det er fare for at uttak for snøproduksjon vil komme i konflikt med alminnelig lavvannføring søkes det om mulighet til å kunne tappe noe ekstra vann fra Fyrisjøen. Dette tiltaket er beskrevet i avsnitt 2.5

Det anlegges instrumentering for måling av vannføring ut av Fyrisjøen. Man vil da kunne dokumentere at uttak av vann ikke kommer i konflikt med allminnelig lavvannføring i elva. Feltarealet ved utløpet av Fyrisjøen utgjør rundt 60% (20 av 34 km²) av totalfeltet til Gulsvikelva ved planområdet.

2.5 Vannreserve Fyrisjøen – reetablering vederlag dam Fyrisjøen

2.5.1 Nødvendig tappehøyde

Det maksimale fremtidige behovet for vannuttak gjengitt i 2.2 vil kunne komme i konflikt med minstevannføring for Gulsvikelva i tørre vintermånedene. Det er derfor foreslått at man kortvarig kan slippe noe ekstra vann fra Fyrisjøen samtidig med full snøproduksjon for å bevare alminnelig lavvannføring i Gulsvikelva.

Selv om man tar høyde for maksimalt tenkelig fremtidig behov for vann til snøproduksjon (se Tabell 1) anses vannvolumet som svært beskjedent, Fyrisjøens størrelse tatt i betraktning. Fyrisjøen har et areal på rundt 445 000 m². Det totale vannbehovet for full kunstig snølegging av alle planlagte løypetraséer tilsvarer en tapping av vannstanden med rundt 0,37 m over perioden på 200 timer, dersom man konservativt neglisjerer alt tilsig i perioden.

Tabell 2: Nøkkeldata for mulig regulering Fyrisjøen

Dam	Omsøkt senkning vannstand	Areal magasin [Ha]	Regulerbart volum [m ³]
Fyrisjøen	0,4 m	44,5	178 000

2.5.2 Restaurering av gammel steindam

Det har blitt spilt inn et ønske om å sette i stand restene av en gammel steindam ved utløpet av Fyrisjøen, som utgjør et kulturminne. Bunnstokk ved utløpet forbi de gamle vederlagene raste ut under flom i 2020 og reduserte trolig vannstanden i Fyrisjøen med rundt 20 cm. Steindammen har tidligere utgjort et krysningspunkt over elva, benyttet for friluftsliv i området. En tømmerbru over elveløpet raste ut i 2020, sammen med bunnstokken. Denne ønskes nå gjenoppbygget for å igjen tilrettelegge for kryssing av elva for friluftsliv.

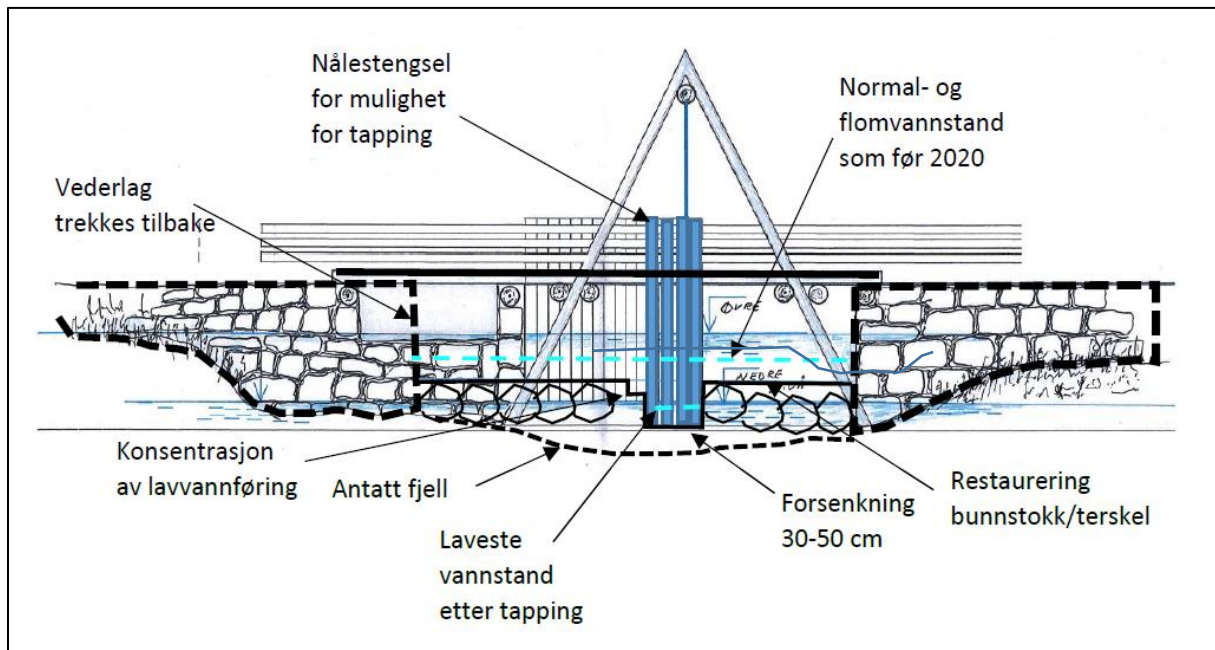


Figur 5: Sammenrast steindam ved Fyrisjøen

Ved å reetablere terskelen ved utløpet gjenopprettes en normalvannstand på rundt kote 868,5 moh. Dette tiltaket vil kunne utføres innenfor bestemmelsene for gjenoppretting av elveløp i Vannressurslovens §12. Ettersom Gulsvikelva ligger innenfor verneplan for vassdrag bør tiltaket likevel omsøkes til NVE.

Ved å samtidig installere et nålestengsel i deler av løpet vil man ha mulighet til å midlertidig øke strømningsverrsnittet og vannføringen ut av Fyrisjøen, uten å etablere noe vandringshinder for fisk eller påføre noe annen ulempe for nedenforliggende vassdrag.

Skisse av tiltaket er vist i Figur 6. For detaljert beskrivelse av dette tiltaket, se eget Skred AS notat 20382-04-1 *Restaurering av steindam Fyrisjøen og slipp av vann for snøproduksjon*, datert 13.7.2021 (Skred AS, 2021c).



Figur 6: Skisse istandsetting steindam og gangbru over elveløp

2.5.3 Bruddvannføring og klassifisering

Bunnstokk/terskel ved utløpet av Fyrisjøen settes i stand igjen etter at denne kollapset under flom høsten 2020.

Terskelen reetableres til en høyde på kote +868,5 moh. Dette er 50 cm høyere enn et oppstikkende fjellprofil nedstrøms. Bredden på terskelen blir rundt B=6 m.

Det er gjort en vurdering av klassifisering av vassdragstiltaket iht. bestemmelser i damsikkerhetsforskriften og tilhørende veileder for klassifisering av dammer.

Damsikkerhetsforskriftens §4-1 tredje ledd siste punktum angir *Anlegg som har ubetydelige konsekvenser klassifiseres i konsekvensklasse 0.*

§4-1 fjerde ledd angir kriterier for automatisk klassifisering i klasse 0 for dammer med høyde < 2 meter og oppdemt magasinvolym < 10 000 m³.

Opprusting av terskel ved utløp av Fyrisjøen vil ha høyde over kontrollerende fjellprofil på H=0,5 m og oppdemt volum på V=222 000 m³. Den møter dermed ikke kriteriene for automatisk klassifisering i klasse 0.

Det er utført en forenklet vurdering av bruddvannføring og konsekvenser.

Maksimal bruddvannføring er vurdert ved bruk av overløpsformelen:

$$Q = CxBxH^{3/2}$$

H=0,5m, B=6m og C=1,4 gir en maksimal bruddvannføring på 3,0 m³/s.

Til sammenligning er middelflom i vassdraget funnet til å være rundt 22 m³/s, ref. flomfarevurdering i (Skred AS, 2021a).

Bruddvannføringen er langt under middelflom og vurderes å ha neglisjerbare konsekvenser, dammen foreslås derfor plassert i klasse 0.

2.6 Slipp, måling og dokumentasjon av minstevannføring

Uttak av vann fra Gulsvikelva og slipp av vann fra Fyrisjøen bør utføres i tråd med NVEs veileder *Slipp, måling og dokumentasjon av minstevannføring* (NVE, 2020).

2.6.1 Vannføring Gulsvikelva ved uttakssted

Det foreligger i dag ikke instrumentering for vannføringsmåling i Gulsvikelva. Inntaket er planlagt med minimale tekniske inngrep, uten noen egnet terskel eller dam for måling av vannføring opp mot minstevannføring. Det vurderes mer hensiktsmessig å måle vannføring ved kontrollert profil ved utløpet av Fyrisjøen (utgjør 60% av totalarealet), og omregning ved bruk av en konservativ arealskaleringsfaktor.

2.6.2 Slipp av vann fra Fyrisjøen

Det foreslås å etableres en vannføringskurve for sammenheng mellom vannstand/vannføring ved utløpet av Fyrisjøen. Vannstand i Fyrisjøen logges med en trykkcelle, og omregnes til vannføring. Dersom deler av nålestengsel aktiveres benyttes en justert vannføringskurve som tar høyde for tilleggsbidrag fra nålestengselet.

På denne måten vil man fra Fyrisjøen kunne dokumentere at det slippes tilstrekkelig vann til alminnelig minstevannføring i Gulsvikelva samt uttak for snøproduksjon uten å gjøre inngrep i vassdraget nedstrøms for måling av vannføring.

Ved uttaksstedet kan det settes opp et informasjonsskilt med henvisning til målepunkt ved Fyrisjøen.

Eventuelle andre egnede steder for etablerings av målepunkt og vannføringskurve vil også bli vurdert.

2.6.3 Måling av vannuttak fra Gulsvikelva

Vannuttak fra Gulsvikelva kan registreres med en vannføringsmåler på pumpesystemet.

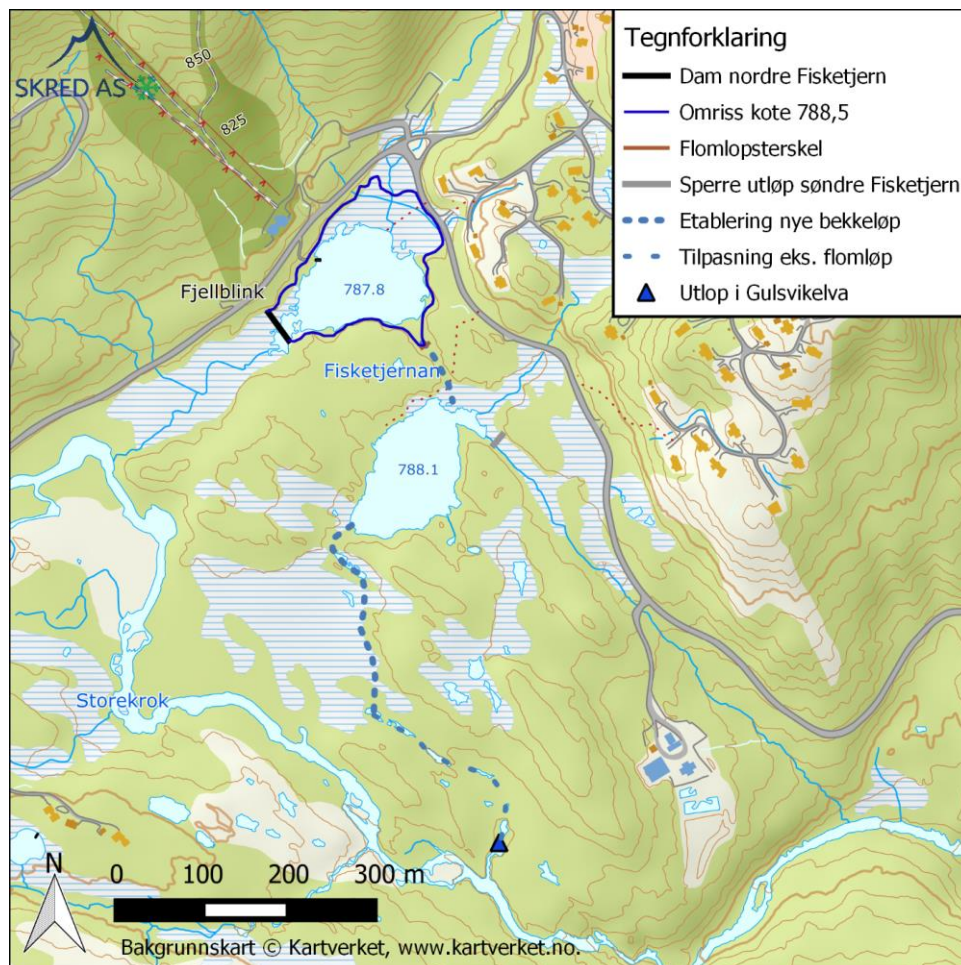
3 Utvidelse vannspeil nordre Fisketjern og etablering av nye gytebekker

3.1 Formål

Høgevarde AS ønsker å heve vannspeilet til nordre Fisketjern av flere grunner:

- Knytte tjernet til søndre Fisketjern for å etablere et attraktivt bekkeløp mellom de to tjernene
- Etablere en attraktiv bekkestreng videre fra søndre Fisketjern, via noen flotte naturlige kulper og ned til utløp i Gulsvikelva
- Skjerme tjernet fra flomvann fra Gulsvikelva, og unngå tilførsel av uønsket fiskebestand fra elva som ødelegger for fiskebestanden i tjernet.
- Etablere gode gytehabitat i nye bekkeløp, og legge til rette for bedre fiske i begge tjern.

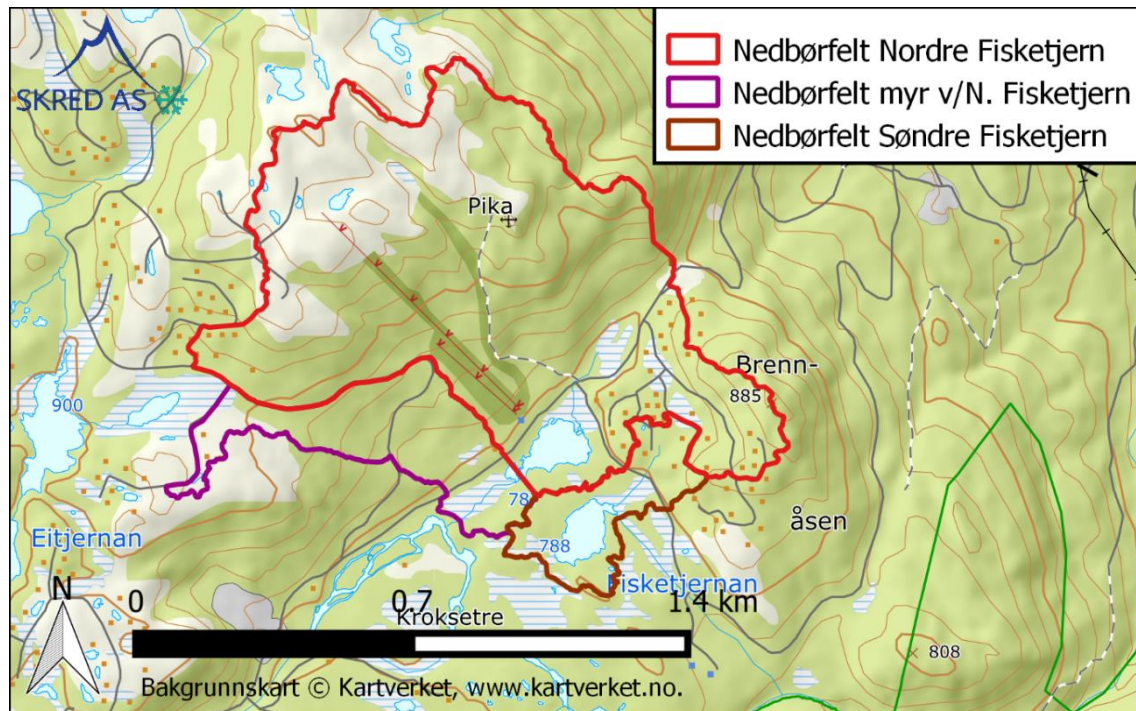
Formålene underbygger ambisjonene til friluftsparken om å tilrettelegge for gode friluftsopplevelser for alle brukergrupper i området. Oversikt over de tenkte tiltakene er vist i Figur 7.



Figur 7: Oversikt tiltak heving av nordre Fisketjern

3.2 Tilsig lokalfelt rundt nordre Fisketjern

Nedbørfeltene for tilsig til nordre Fisketjern, søndre Fisketjern, samt myrområdet avskåret bak dammen ved nordre Fisketjern er svært små og presentert under. Middellavrenning og alminnelig lavvannføring er estimert på grunnlag av spesifikke avrenningsverdier hentet fra Nevina.



Figur 8: Nedbørfelt rundt nordre og søndre Fisketjern

Tabell 3: Avrenning lokalfelt rundt Nordre Fisketjern

Felt	Areal [ha]	Middellavrenning Q_N [l/s]	Alminnelig lavvannføring Q_{al} [l/s]	Middelflom Q_m [m³/s]	200-årsflom Q_{200} [m³/s]
Lokalfelt Nordre Fisketjern	87	26	1,4	1,3	3,8
Avskåret myr bak dam v/Nordre Fisketjern	16	5	0,3	0,2	0,7
Lokalfelt Søndre Fisketjern	10	2,6	0,1	0,2	0,4
Totalfelt søndre Fisketjern etter tiltak	97	28,6	1,5	1,5	4,3

I Skred AS rapport 20382-01-2 er det utført flomberegninger for bekkene med utløp i Nordre Fisketjern. Det henvises hit for detaljer.

3.3 Heving av nordre Fisketjern

3.3.1 Generelt

Det er ønskelig å heve vannspeilet i nordre Fisketjern med 70 cm, opp til kote 788,5 moh. Vannspeilet vil da ligge rundt 40 cm over nivået til søndre Fisketjern, som holdes uforandret. Dette er nok til å etablere en gytebekk med gjennomsnittlig fall på 0,5% fra nordre til søndre Fisketjern.



Figur 9: Høgevarde AS sin ønskede plassering av dam for heving av Nordre Fisketjern

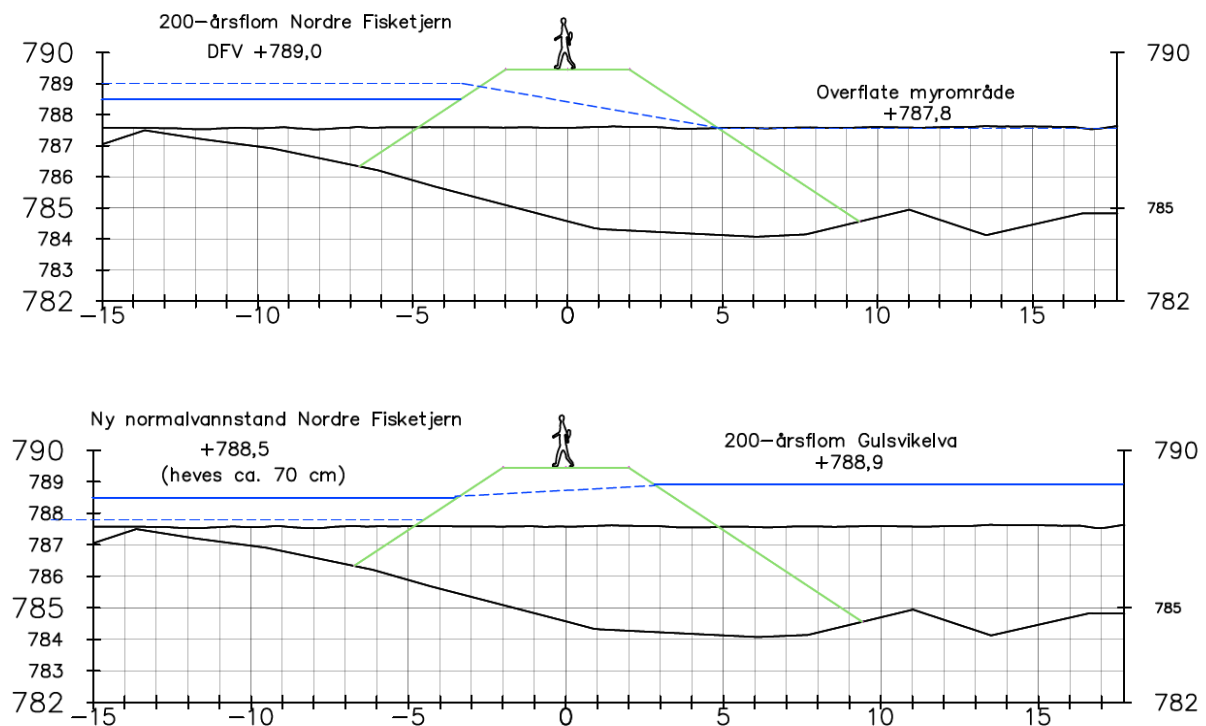
3.3.2 Nøkkeldata for dam / magasin

Tabell 4: Nøkkeldata for planlagt Dam Nordre Fisketjern

Dam	Oppdemming	Areal magasin [Ha]	Oppdemt volum [m ³]
Nordre Fisketjern	0,7 m	2,2	13 000

Dammen etableres på tvers av et myrtjern med lengde ca. 41 m og vil bli stående med vann mot begge sider. Dammen vil være utsatt for vanntrykk fra to retninger for to ulike tilfeller:

- I normaltilfelle: Oppdemming av fisketjern med rundt 70 cm. Svært lite nedslagsfelt, og minimal flomvannstigning innenfor magasinet. 70 cm trykkforskjell over dammen.
- Flom i Nordre Fisketjern: Konservativt anslått 0,5 m ytterligere flomvannstigning. Potensielt 1,2 m trykkforskjell mot myrområdet på baksiden av dammen.
- Ved flom i Gulsvikelva: Høy vannstand ved baksiden av dammen. 200-års flomnivå fra Gulsvikelva ligger 40cm høyere enn planlagt vannstand i nordre Fisketjern.



Figur 10: Trykkfordeling gjennom dammen ved normalsituasjon (øverst) og under flom i Gulsvikelva (nederst)

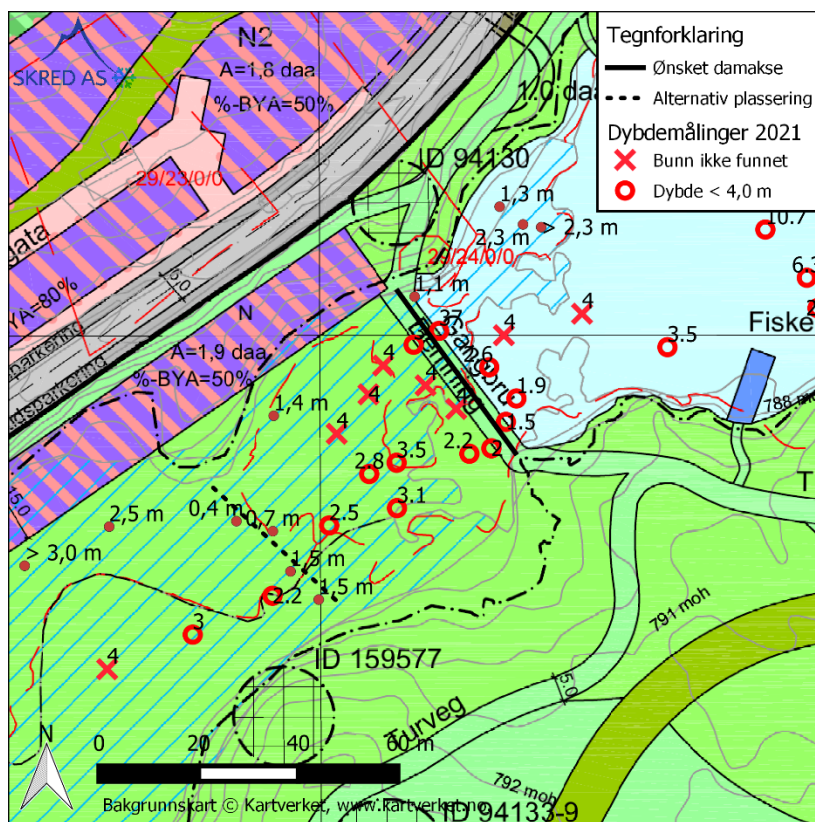
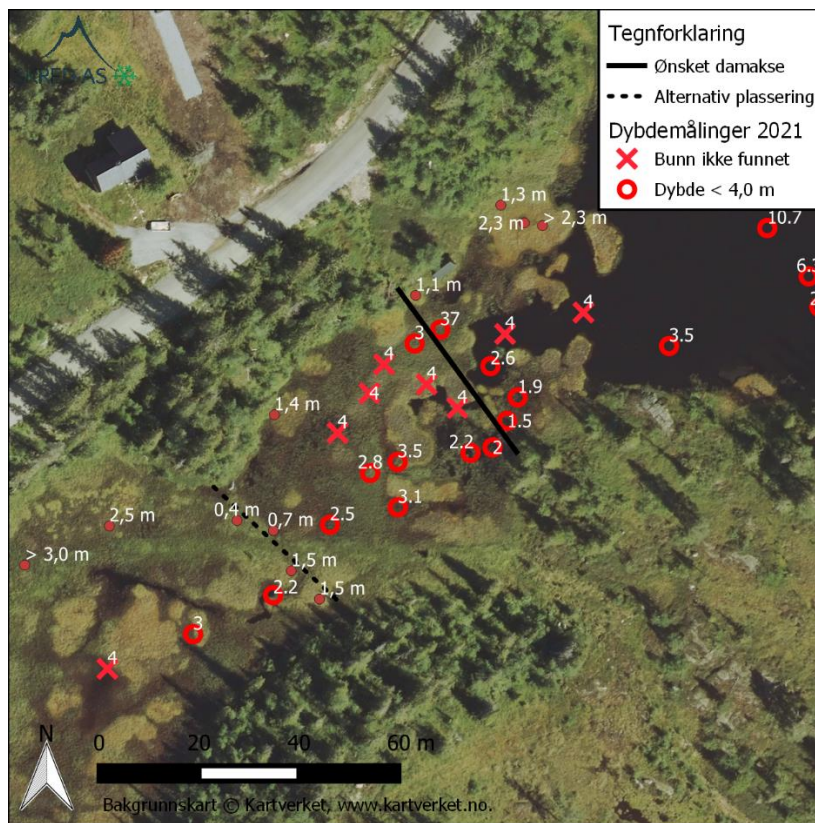
Trykkgradienten over dammen vil være svært beskjedent. En utfordring er likevel at myra i området har en dybde på rundt 2-6 m, stedvis potensielt enda dypere ned til faste masser, slik at totalt fyllingsvolum likevel kan bli betydelig.

Vannstanden i nedstrøms myrområde kontrolleres av en oppstikkende ryggformasjon langs Gulsvikelva omtrent 220 m nedstrøms dammen. Det vurderes ikke å være potensiale for erosjon eller senkning av nivå av undervannet bak dammen, dermed heller ikke mulighet for større trykkforskjeller over dammen.

3.3.3 Grunnforhold / dybdemålinger

Grunnforhold og lekkasjer i grunnen følges opp av Rambøll AS. Grunnen forventes å bestå av fjell eller fast avlagret morene.

Vi har bistått med innmåling av myrdybder ned til fast grunn for det aktuelle området. Innmålinger er gjort med jordspyd med lengde opp til 4m. Innmåling av dybder av tjern er utført med lodd fra isdekt vann.



Figur 11: Innmåling av myrddybder ved lokasjon av dam. Bakgrunn ortofoto (over) og utkast til reguleringsplan (under)

Figuren viser at ved foreslått damlokasjon er det en oppstikkende rygg med dybde 2,0-2,5m, med et dypere parti mot nordre ende. Det blir også raskt dypere på hver side av den oppstikkende ryggen, noe som vil slå ut på skråningsutslaget for en damfylling.

Omtrent 60 meter lengre mot vest er det en annen oppstikkende rygg der myrdybden er betydelig mindre. Vi har tidligere spilt inn at det vil være hensiktsmessig og trolig betydelig billigere å plassere en eventuell dam her. Dette må veies opp mot et økt areal av myr som påvirkes og blir satt under vann. Denne lokasjonen krysses av eksisterende VA-infrastruktur, som i så fall må legges om.

3.3.4 Teknisk infrastruktur

Rett vest for planlagt damakse ligger en gruppe eksisterende rørledninger nedgravd. Informasjon fra Høgevarde AS angir at det i nærliggende kum ligger *KUM110 og 63 fra mellomseter + 50 fra Brennåsen inn, og 160 mm pumpeledning ut.*



Figur 12: Ortofoto fra 2006 som viser trase for eksisterende VA-Infrastruktur i området. Akse for foreslått dam stiple i rødt.

Det er usikkert om disse fortsatt vil være i drift ved bygging av dammen. Rørledningene berøres ikke av selve dammen, men vil oppleve deformasjoner når vannstanden midlertidig må tappes ned for bygging. En eventuell midlertidig omlegging må avklares ved detaljering.

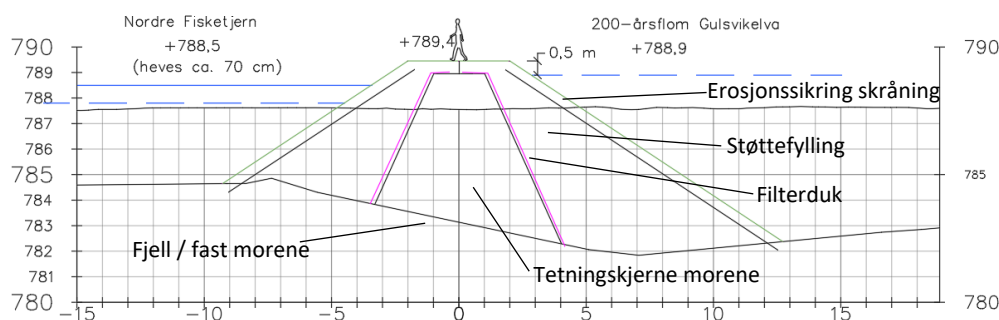
3.3.5 Foreslått oppbygging av dam

Det anbefales å etablere dammen i tråd med anbefalinger gitt i NVEs veileder *Små dammer. Veileder i planlegging, bygging og vedlikehold.* (NVE, 2006b)

Premisser for dam i detaljreguleringsplan fastsettes i samråd med Rambøll, som vurderer grunnforhold og permeabilitet i grunnen. Endelig løsning fastsettes i detaljprosjekteringsfase.

Grunnet små variasjoner i vannstand mot dammen, svært lave trykkforskjeller og liten påkjenning fra bølger og is forventes det å kunne etableres en relativt enkel løsning. Den største utfordringen vil være tørrlegging og avgraving av fundamentet for etablering av tetning og fyllingsarbeider. Det vil være nødvendig med en midlertidig nedtapping av Nordre Fisketjern med rundt 6 m for å etablere dammen.

Grunnet vekslende retning på drivende vanntrykk mot dammen foreslås en løsning med sentral tetningskjerne, symmetrisk om damaksen. Det foreslås at tetningskjerne etableres av en sentral sone av morenemasser omgitt av grusfilter eller geotekstil. Drivende trykkforskjell vil være maksimalt 1,2 m, som vil stille relativt beskjedene krav til tetningen. Spesifisering av lekkasjer i grunnen gjøres av Rambøll.



Figur 13: Prinsipp for oppbygging av en lav uklassifisert fyllingsdam med beskjeden trykkgradient fundamentert på fjell eller fast morene.

3.3.6 Dimensjonerende flomvannstand

NVEs veileder angir at dimensjonerende flom for små uklassifiserte dammer bør settes med gjentakintervall i størrelsesorden 200-500 år. Det er valgt å legge 200-årsflom inklusive klimapåslag til grunn som dimensjonerende flomhendelse.

3.3.6.1 Flom fra lokalfelt Nordre Fisketjern (mot fremsiden av dammen)

Dammens flomavledning vil utgjøres av bekkeløpet som etableres mot søndre Fisketjern.

I flomfarevurderingen for området er dimensjonerende 200-årsflom inklusive klimapåslag beregnet for de to større bekkene som renner inn i Nordre Fisketjern.

Spesifikk 200-årsflom inklusive klimapåslag ble beregnet til rundt 4400 l/s km².

Konservativt omregnet til lokalfeltet innenfor Dam Nordre Fisketjern på 87 ha tilsvarer dette en tilløpsflom på 3,8 m³/s.

For en betraktning av flomvannstand benyttes tilløpsflommen som avløpsflom uten hensyn på demping i tjernet (svært konservativt). Det anslås en bredde på kritisk snitt for overløp mot søndre Fisketjern på 6 m, og en overløpsfaktor $C=1,4$. Dette gir en teoretisk flomvannstand på rundt 0,5m til 789,0.

3.3.6.2 Flom fra Gulsvikelva (mot baksiden av dammen)

Dimensjonerende flomvannstand for en 200-årsflom inklusive klimapåslag for flom fra Gulsvikelva er funnet til 788,9 moh (NN2000), dette velges som dimensjonerende. Det foreslås at dammen gis min 0,5 m fribord. Kotehøyde for topp dam blir da +789,9 moh. Forslag til klassifisering av dam

Oppdemningshøyde på 70 cm er svært beskjeden, og oppdemt volum på rundt 13 000 m³ er bare så vidt over grensen på 10 000 m³ som automatisk klassifiseres til klasse 0.

Det er utført en forenklet vurdering av bruddvannføring og forslag til klassifisering av dammen.

3.3.6.3 Bruddvannføring

Bruddåpning er beregnet ved bruk av Froelichs formel, angitt i NVEs veileder for dambruddsbølgeberegninger.

$$B_m = k_o \cdot 0,18 \cdot V_{\text{magasin}}^{0,32} \cdot h_d^{0,19} \quad (5.1)$$

hvor :	B_m	= midlere bruddbredde i meter (teoretisk)
	T	= bruddtid i timer (tiden fra bruddet starter til det er ferdig utviklet)
	V_{magasin}	= magasinivolum i m ³ ved begynnende brudd
	h_d	= høyden mellom vannstand ved start av brudd (DFV eller vannstand for middelflom) og bunn av ferdig utviklet brudd, oppgitt i meter. Bunn av ferdig utviklet brudd settes til laveste punkt i damfundamentet.
	k_o	= 1,4 ved overtopping, $k_o = 1,0$ ved rørrerosjon

Bruk av $V_{\text{magasin}}=16200 \text{ m}^3$, $h_d=7 \text{ m}$ (konservativt til fyll dybde i fundamentet myra) og $k_o=1,0$ gir en bruddåpning på $B_m=6 \text{ m}$.

Maksimal bruddvannføring er vurdert ved bruk av overløpsformelen:

$$Q = Cx Bx H^{3/2}$$

Bruk av $C=1,4$, $B=6 \text{ m}$ og $H=1,2 \text{ m}$ (maksimal vannstandsforskjell mellom oppstrøms og nedstrøms) gir en maksimal bruddvannføring på 11 m³/s.

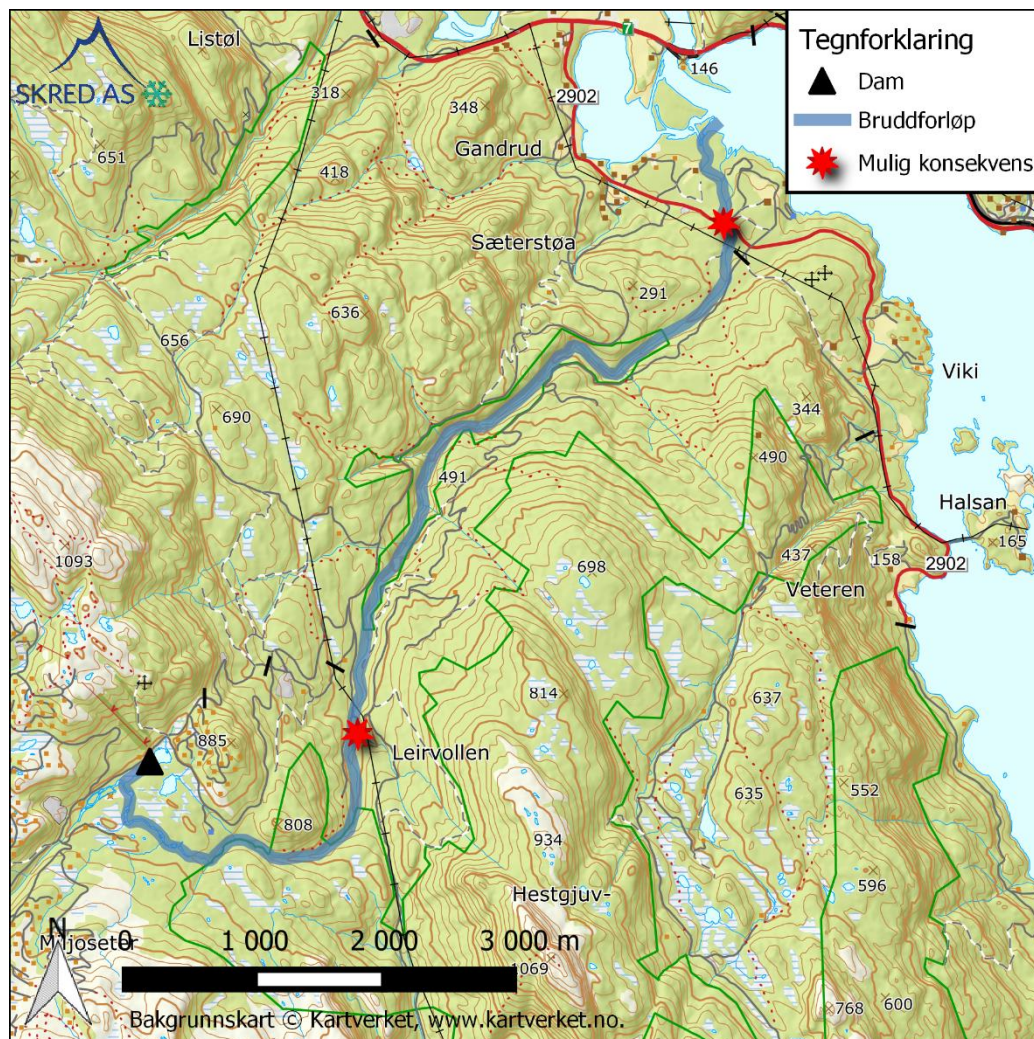
Til sammenligning er middelflommen i vassdraget beregnet til 22 m³/s.

3.3.6.4 Konsekvens

Det er utført en vurdering av konsens av et dambrudd ut fra Nordre Fisketjern samtidig med en middelflom i Gulsvikelva. Samlet vannføring fra området blir da på $33 \text{ m}^3/\text{s}$.

Det er generelt lite bebyggelse og infrastruktur som vil kunne bli berørt før en dambruddsbølge renner ut i Krøderen. To identifiserte potensielle konsekvenser er indikert i figuren under og beskrevet nærmere.

Et dambrudd grunnet flomvannstand fra Gulsvikelva og inn mot Nordre Fisketjern vil kun fylle opp tjernet, med neglisjerbare konsekvenser.



Bygg og bru Leirvollen

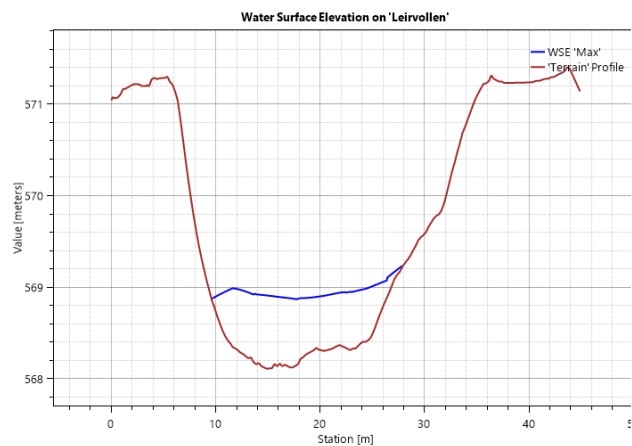
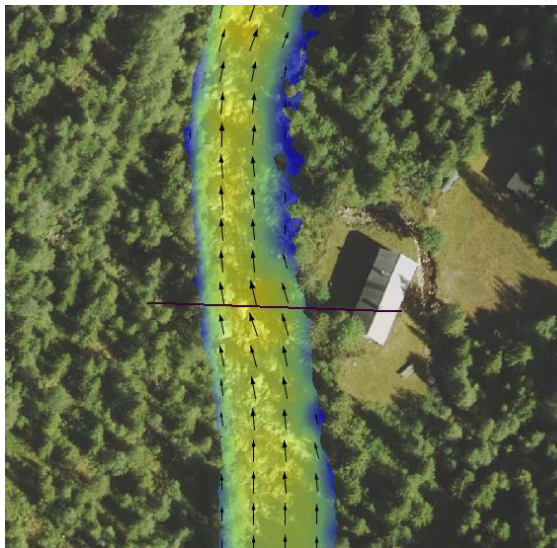
Ved Leirvollen ca. 3 km nedstrøms går elveløpet nært et bygg og krysses av en bru. Middelflom i Gulsvikelva er her arealskalert opp til ytterligere $4 \text{ m}^3/\text{s}$, samlet vurdert vannføring er $37 \text{ m}^3/\text{s}$.

Huset ligger her rundt 3,0 m over elveløpet. Veibanen ligger med rundt 3,5 m overhøyde over elveløpet. Byggehøyden på brudekket er ikke undersøkt, det antas 1,0 m.

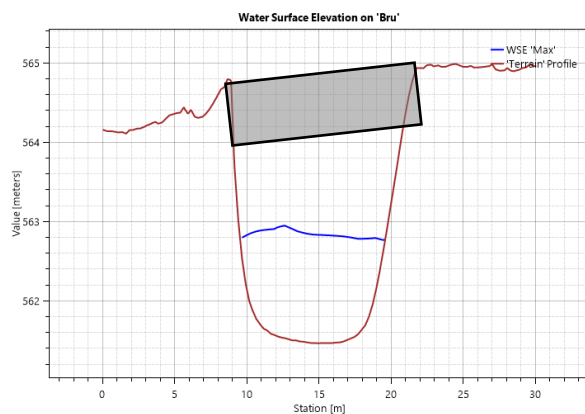
Det er satt opp en hydraulisk modell av elveløpet basert på laserdata fra 2018 i programvaren HEC RAS 6.1. Modellen er satt opp med en ruhet på 25 i elveløpet.



Figur 14: Oversiktskart Leirvollen



Figur 15: Hydraulisk modellering av bruddvannføring forbi Leirvollen



Figur 16: Vannlinje gjennom brutverrsnitt

Modelleringen viser at både bygg og bru vil ha god klaring ved dambrudd + middelflom.

Bru Fv202

8,6 km nedstrøms dammen krysser elveløpet Fylkesvei 202. Basert på laserdata anslås at veibanen har 5,5 m overhøyde over elvebunn. Antatt 1m brudekke anslås 4,5 m fri vertikal lysåpning. Bredde på brua anslås fra kart og ortofoto til å være rundt 8 m. Dette gir et strømningstverrsnitt på omtrent 36 m².

Vannet vil ha en høyere hastighet enn 1 m/s gjennom tverrsnittet, brua vurderes å ha god kapasitet for denne vannføringen.



Figur 17: Bru Fv 2020 (Google Street View)

Forslag til klassifisering

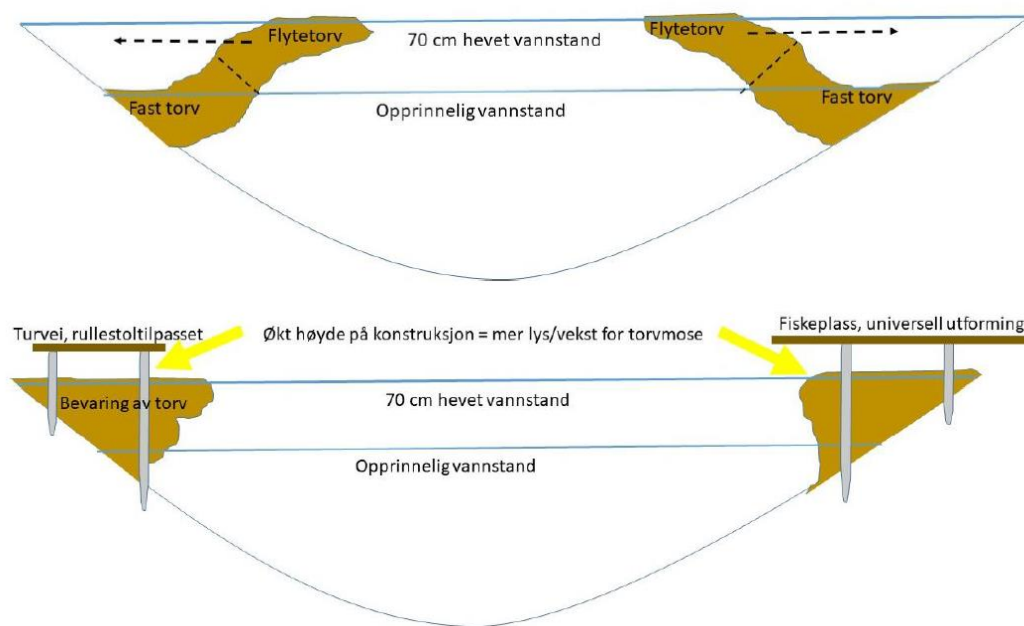
Samlet vurderes et dambrudd fra dam i Nordre Fisketjern ikke å ha noen betydelig negativ konsekvens, og dammen foreslås plassert i klasse 0.

3.3.7 Endring i flomfare for omliggende områder

I flomfarevurdering for planområdet (Skred AS, 2021a) er det utført en simulering for å verifisere hvorvidt en dam ved Nordre Fisketjern vil utgjøre en økt flomulempe for omliggende nedstrøms områder. Denne effekten er funnet å være neglisjerbar.

3.3.8 Tiltak langs vannkant ved heving av vannspeil

Naturrestauring AS har i sin rapport (Naturrestauring AS, 2021) beskrevet premisser og anbefalinger for hvordan heving av vannspeil og tiltak i og rundt myr best kan utføres. Det henvises til denne rapporten for detaljer.



Figur 18: Ulike prinsipper for tilpasning langs vannkant ved heving av vannstand fra (Naturrestauring AS, 2021)

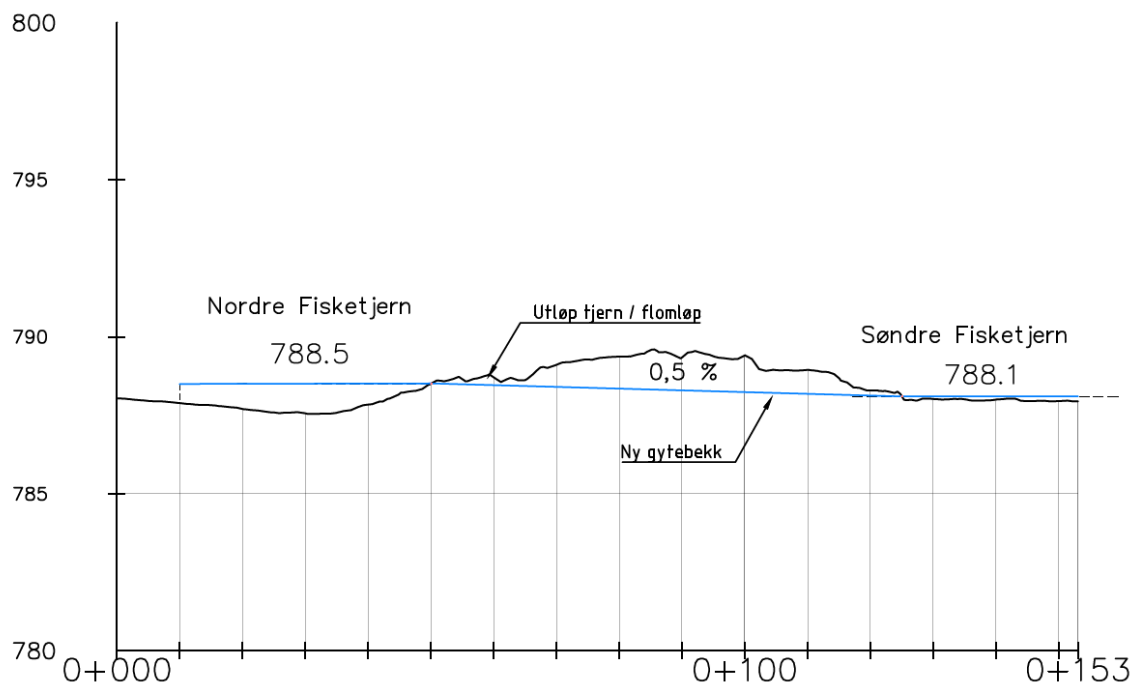


Figur 19: Prinsipp tilrettelegging turvei rundt tjernet (Naturrestaurering AS, 2021)

3.4 Gytebekk mellom nordre og søndre Fisketjern

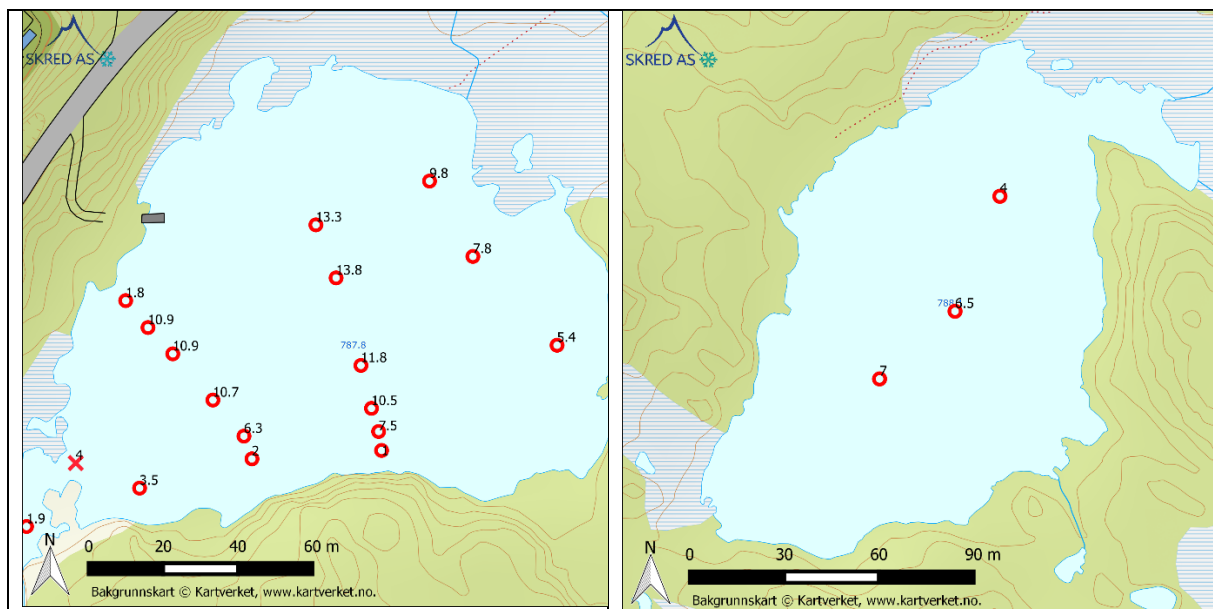
Det ønskes anlagt en ny gytebekk mellom nordre og søndre Fisketjern. Etter oppdemming vil det oppnås fall fra nordre mot søndre Fisketjern.

Naturrestaurering AS har beskrevet premisser for at bekkene skal oppnå funksjon som gode gytebekker og gis best mulig landskapsmessig og økologisk verdi. Det henvises til rapporten for beskrivelse av utforming og premisser for god utførelse. (Naturrestaurering AS, 2021)



Nær utløpet i søndre Fisketjern vil den nye bekken krysse trasé for eksisterende VA-infrastruktur. VA-rør vil trolig måtte omlegges dypere før etablering av ny bekk.

Vi har også utført innmålinger av dybde av bunnnivå for nordre og søndre Fisketjern, for vurdering av fiskehabitat. Målte dybder er vist i figuren under.



Figur 20: Innmåling dybder nordre (v) og søndre (h) Fisketjern

3.5 Tiltak utløp Søndre Fisketjern

Ettersom det planlegges å etablere en ny utløpsbekk fra søndre Fisketjern mot Gulsvikelva vil man tette igjen dagens eksisterende myrsig ut av tjernet. Dette kan utføres ved å slå ned en tetning av tømmerstokker kledd med membranduk, som vist i eksempelfoto under.

Lokalfeltet til søndre fisketjern er begrenset til 10 ha, og myrsiget som tørrlegges vurderes ikke å ha årssikker vannføring.



Figur 21: Eksempel på sperre av bekkeløp ved bruk av tømmerstokker og membran. (Rova & Paulsson, 2015)

3.6 Ny gytebekk Søndre Fisketjern - Gulsvikelva

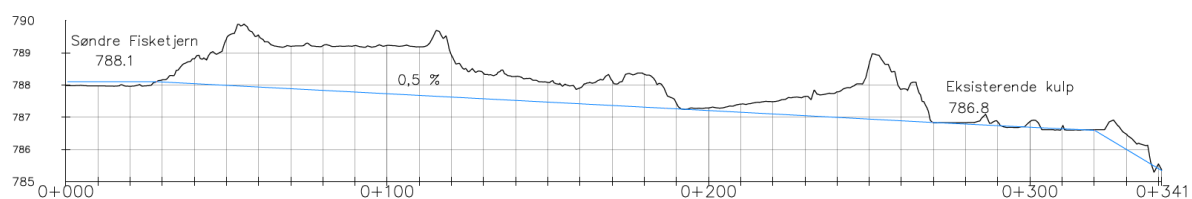
Fra søndre Fisketjern planlegges det å etablere en ny gytebekk mot en gruppe eksisterende kulper som drenerer ut mot Gulsvikelva.

Etter oppdemming av nordre Fisketjern vil bekken ha et tilrenningsareal på rundt 97Ha. Estimert middelavrenning vil være rundt 29 l/s alminnelig lavvannføring 1,5 l/s.

Linjeføring er vist i dronefoto i Figur 22. Lengdeprofil for ny gytebekk er vist i Figur 23



Figur 22: Dronefoto som viser vannvei for ny gytebekk fra søndre Fisketjern, samt eksisterende flomvei mellom kulper og utløp i Gulsvikelva.



Figur 23: Lengdeprofil ny gytebekk mellom søndre fisketjern og eksisterende kulp

Det er begrenset med høydeforskjell mellom Søndre Fisketjern og de eksisterende kulpene, og bekkeløpet vil også her få en gjennomsnittlig helning på rundt 0,5 %. Dette er i samråd med Naturrestaurering AS funnet å være tilstrekkelig for å etablere funksjonelle gytebekker.

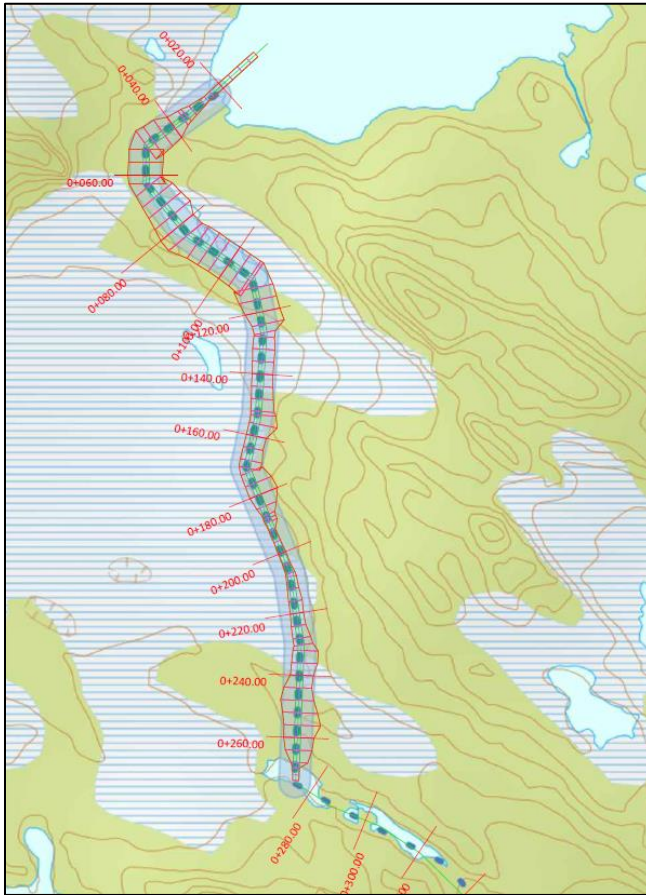
Et nytt utløp fra Søndre Fisketjern vil kreve at man skyter seg ned i eksisterende terreng, anslagsvis 1,5 - 2m over en strekning på rundt 80 m. Det må her gjøres gode landskapsmessige tilpasninger slik at tiltaket etter ferdigstillelse sklir inn i omliggende terreng.



Figur 24: Nytt utløp fra søndre Fisketjern, og trase for ny gytebekk mot eksisterende kulper

Bekkeløpet legges deretter i overkant av et stort myrområde. Det forventes behov for å etablere bunnduk langs dette partiet for å forhindre lekkasje ut i omliggende myrområde. Inn mot kulpene vil man også måtte skyte seg gjennom en oppstikkende bergformasjon.

Naturrestauring AS har beskrevet premisser for utforming av nytt bekketverrsnitt, etter prinsippet «Bekk-i-bekk». Det etableres en serie med mindre terskler og andre strukturer for å etablere et tilstrekkelig vannspeil selv ved lav vannføring. De har estimert en nødvendig bredde for bekkeløpet på rundt 1,5 m. Nødvendig skråningsutslag mot omliggende terreng er grovt estimert i figuren under, prosjektert med antatte skråningshelninger på 1:3. Ved detaljering må dette tillegges variasjon og tilpasses det lokale terrenget best mulig. Estimerte skråningsutslag er vist i Figur 25, underliggende lyseblå sone har en bredde på 10 m.



Figur 25: Estimert skråningsutslag gytebekk ved antagelse om skråningshelninger 1:3. Endelig løsning bør tillegges stor grad av variasjon og tilpasses terrenget, dette må detaljeres ut samråd med miljørådgiver.

De store myrområdene langs bekkeløpet vil være oversvømt under store flomhendelser i Gulsvikelva. Ved 200-årsflom inklusive klimapåslag er vannstanden over myrene simulert til kote +788,2, som ligger 10 cm over normalvannstanden i Søndre Fisketjern. Man kan altså under svært store flommer få en oppstuvning i det nye bekkeløpet tilbake mot søndre Fisketjern, og i helt ekstreme tilfeller kunne påvirke vannstanden i tjernet.

3.6.1 Eksisterende kulper og flomvei mot Gulsvikelva

Ved oppdemming og etablering av ny gytebekk oppnår man en jevn tilførsel av vann til en rad med kulper i oppstikkende fjell i dagen. Kulpene blir i dag aktivert som flomløp fra de store myrområdene som oversvømmes ved stor flom i Gulsvikelva, noe som senest ble observert høsten 2020.

Tilrettelegging av flomløpene for etablering av gytebekk mellom kulpene og Gulsvikelva vil måtte ta høyde for dette.



Figur 26: Dronefoto av eksisterende kulper og videre flomvei ned mot Gulsvikelva



Figur 27: Eksisterende kulper som kobles på bekkeløp fra søndre Fisketjern

3.7 Tilleggsmulighet: Pumping av supplerende vannføring til bekkeløp fra Gulsvikelva

Hovedhensikten til vannuttaket fra Gulsvikelva er snøproduksjon i alpinanlegget vinterstid.

Man vil samtidig ha muligheten til å kunne pumpe vann inn til Nordre Fisketjern dersom spesielle forhold skulle gi behov for dette. Eksempelvis streng tørke og svært liten vanngjennomstrømning / dårlig vannkvalitet i tjern og etablerte gytebekker. Eventuelt uttak fra Gulsvikelva sommerstid er forutsatt god klaring til minstevannføringen, som dokumenteres med instrumentering i Fyrisjøen eller i egnet profil i elveløpet nedstrøms utløpet. Vann som eventuelt pumpes til Nordre Fisketjern renner tilbake i Gulsvikelva ca. 870 m lengre nedstrøms.

For dette formålet vil trolig matepumpa til hovedpumpe for snøproduksjonsanlegget være egnet, og man kan benytte det samme rørsystemet. Det kan monteres en egen ventil på egnet sted for slipp av vann, som drenerer ned til nordre Fisketjern (eksempelvis ved kryssing av et bekkeløp).

4 Referanser

Naturrestaurering AS. (2021). *Naturmangfold og karbonregnskap i Høgevarde Fritidspark: Virkninger og avbøtende tiltak.*

NVE. (2006a). *2006-1 Inntakshåndboken.*

NVE. (2006b). *Små dammer. Veileder i planlegging, bygging og vedlikehold.*

NVE. (2020). *2020-3: Slipp, måling og dokumentasjon av minstevannføring.*

Rova, & Paulsson. (2015). *Myren -Restaurering av en värdefull naturtyp.*

Skred AS. (2021a). *20382-01-2 Flomfarevurdering Høgevarde Fritidspark.*

Skred AS. (2021b). *20382-02-2 - Vannuttak fra Gulsvikelva til snøproduksjon.*

Skred AS. (2021c). *2032-04-2 Restaurering av steindam Fyrisjøen og slipp av vann for snøproduksjon.*