

Sira Kvina

# Rafoss Kraftverk

Overordnet design



Oppdragsnr.: 5167620 Dokumentnr.: D03 Versjon: J03  
2017-02-17

**Oppdragsgiver:** Sira Kvina  
**Oppdragsgivers kontaktperson:**  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Valkendorfs gate 6, NO-5012 Bergen  
**Oppdragsleder:** Gunnar Solvang  
**Fagansvarlig:** Lars Bendixby/Gunnar Solvang  
**Andre nøkkelpersoner:** Eirik Bossel / Andreas Teigland

| J03     | 2017-02-17 | For bruk                            | HaEBo       | GuSol            | GuSol    |
|---------|------------|-------------------------------------|-------------|------------------|----------|
| D02     | 2017-01-26 | Byggherrens kommentarer innarbeidet | GuSol       | GuSol            | GuSol    |
| D01     | 2017-01-23 | Første utkast                       | GuSol/HaEBo | Håkon Bergsodden | GuSol    |
| Versjon | Dato       | Beskrivelse                         | Utarbeidet  | Fagkontrollert   | Godkjent |

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

# Innhold

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Innledning</b>                              | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Workshop</b>                                | <b>6</b>  |
| 2.1      | Innledning                                     | 6         |
| 2.2      | Deltakere                                      | 6         |
| 2.3      | Tema drøftet dag 1                             | 6         |
| 2.4      | Tema drøftet dag 2                             | 7         |
| 2.5      | Forhold avklart i etterkant av workshopen      | 7         |
| <b>3</b> | <b>Inntak</b>                                  | <b>8</b>  |
| 3.1      | Kraftverksinntaket                             | 8         |
| 3.2      | Fiskevennlig inntak                            | 9         |
| 3.3      | Innløp til fisketrappen                        | 11        |
| <b>4</b> | <b>Tilløpstunnel og tunnel for laksetrapp</b>  | <b>12</b> |
| 4.1      | Tilløpstunnel og tunnel for laksetrapp.        | 12        |
| 4.2      | Rørtunnel                                      | 13        |
| 4.2.1    | Overgang fra tilløpstunnel til rørtunnel       | 13        |
| 4.2.2    | Tilløpsrør og rørtunnelens form                | 14        |
| <b>5</b> | <b>Arrangement stasjon 2 generator løsning</b> | <b>15</b> |
| 5.1      | Innledning                                     | 15        |
| 5.2      | Stasjonens plassering og rørtunnelens lengde   | 15        |
| 5.3      | Plassering av aggregatene og tilløpsrør        | 16        |
| 5.4      | Sugerør  | 16        |
| 5.5      | Kontroll-, apparat- og smøreoljeanlegg         | 16        |
| 5.6      | Ventilasjon og kjøling                         | 17        |
| 5.7      | Dykking og drenasje                            | 17        |
| 5.8      | Utforming av yttervegger                       | 18        |
| 5.9      | Adkomst og transport av utstyr                 | 18        |
| 5.10     | Internttransport av utstyr i stasjonen         | 19        |
| 5.11     | Grensesnitt mot fiskeobservatoriet             | 20        |
| 5.12     | Utløpstunnel                                   | 20        |
| <b>6</b> | <b>Utløp</b>                                   | <b>22</b> |
| 6.1      | Fiskevennlig utløp                             | 22        |
| <b>7</b> | <b>Arrangement stasjon 1 generator løsning</b> | <b>24</b> |
| 7.1      | Innledning                                     | 24        |

---

|           |                                      |           |
|-----------|--------------------------------------|-----------|
| 7.2       | Stasjonsarrangement og avløpstunnel. | 24        |
| <b>8</b>  | <b>Illustrasjoner</b>                | <b>26</b> |
| <b>9</b>  | <b>Kostnadsoverslag</b>              | <b>28</b> |
| 9.1       | Innledning                           | 28        |
| 9.2       | Forutsetninger                       | 28        |
| 9.3       | Enhetspriser                         | 28        |
| 9.4       | Sammenligning av enhetspriser        | 30        |
| 9.5       | Kostnadsoverslag                     | 33        |
| <b>10</b> | <b>Referanser</b>                    | <b>34</b> |
| <b>11</b> | <b>Vedlegg</b>                       | <b>35</b> |



# 1 Innledning

Det er gitt konsesjon til Sira-Kvina kraftselskap for bygging av Rafoss Kraftverk.

Sira-Kvina kraftselskap har engasjert Norconsult AS for bistå med overordnet design av Rafoss kraftverk. Overordnet design har vært gjennomført ved at Norconsult i felleskap med Sira-Kvina har etablert en design basis med forutsetninger for designet. Design basis er dokumentert i dokument 5167620-D02 (Norconsult, 2016) Deretter har det vært gjennomført en workshop hos Sira-Kvina for å sette sammen arrangementer i kraftstasjonen og arrangement med kraftverkstunnelene og laksetrapptunnelen.

De valgte løsningene er modellert i 3D, og det er tatt ut mengder for hver anleggsdel. På bakgrunn av mengdene fra 3D modellen og enhetspriser fra Sira-Kvina er det satt opp kostnadsoverslag.

Denne rapporten summerer opp valg av arrangement, drøftinger rundt dette og kostnadsoverslag for de valgte løsninger. Rapporten må leses i sammenheng med design basis, da forutsetninger beskrevet i design basis ikke er gjentatt i denne rapporten.

## 2 Workshop

### 2.1 Innledning

Det ble avholdt en workshop 13-14 Desember 2017 med formål å gjennomføre en ide-dugnad for å finne best mulig utforming av de to ulike stasjonsarrangementer. I møtet ble et arrangement for kraftstasjonen og mulige løsninger for inntak og utløp behandlet og drøftet. På bakgrunn av drøftingene ble en rekke valg tatt for videre modellering.

### 2.2 Deltakere

Sira Kvina:

Kaspar Vereide, Rolv Guddal, Kai Ola Urevatn, Per Roald Haukhom, Bjarne Tufte og Per Magne Sinnes

Norconsult:

Eirik Bossel og Gunnar Solvang (Lars Bendixby på Skype)

### 2.3 Tema drøftet dag 1

- SK opplyste at energiberegningen for beregning av inntektsgrunnlaget har lagt til grunn å utnytte hele fallhøyden fra Stegemoenbassenget til utløphølen uten å lufte undervannet med utløpstørskel for å redusere risiko for drukning av stasjonen
- I utgangspunkt skal transformator plasseres i eget bygg, men man ser på muligheten å trekke denne inn til stasjonen. En slik løsning ble modellert men forkastet.
- Som forutsetning skal stasjonen i henhold til forslag i Multiconsult landskapsrapport, men det skal ses på mulighet for å trekke stasjonen lengre ut i dagen.
- Nivå på adkomst inn i stasjonen. Innspill fra SK at nivået skulle være høyere en Q200, men dette nivået var ikke ferdig beregnet.
- Alternativ med en rørtunnel eller to rørtunneler eller felles rør og bukserør ble drøftet. Flere ulike konstellasjoner inklusive rotering av aggregat ble modellert.
- Plassering av avløpstunnel. Det var en forutsetning at utløpet fra begge turbinene skulle ha utløp i utløphølen
- Alternativ med frispeilstrøming eller dykkede tunneler ble drøftet. Løsning med frispeilstrøming ble utelukket på grunn av inngrep i svabergsonen og mulig lekkasje inn i stasjonen ved høyt undervann.
- Overdekning beregnet i Multiconsults ingeniørgeologiske rapport ble drøftet og skulle legges til grunn for designet.
- Stasjon med eller uten maskinsalkran ble drøftet, og eksempler med maskinsalkran ble modellert som viste at man fikk en takhøyde på 2-3m høyere. For stasjon trukket inn i terrenget vil dette være mulig, for stasjon trukket ut i dagen vill maskinsalkran kreve at det ble en veldig høy og synlig fasade
- Bygging av avløpstunnelene fra stasjonen eller fra utløpet ble drøftet. Fangdam ble modellert.
- Forutsetning at man ikke skal anlegge stasjonen i berøring med svaberg, svaberens høyde definert til kote 84-85

## 2.4 Tema drøftet dag 2

- Inntak.
  - Ikke ønskelig med demonterbar rist, finne løsning med fast rist som utformes for å forhindre at fisk går i inntaket.
  - Ønskelig med horisontal stave i vertikal rist
  - Ønskelig at inntaket plasseres med en vinkel på ca 30 grader fra retning på tunnelen
  - Arrangement for forbislipp av smolt over dam ved inntaket. Det anlegges rampe foran utslippspunkt og kulp bak utslippspunkt.  
Hvis mulighet for isdannelse på rist ser man for seg at det er mulig å anlegge bobleanlegg på et senere tidspunkt.
- Stasjonen
  - SK beslutter at stasjonen trekkes ut av terrenget der fasaden kan være delvis synlig. Plasseres slik at fasaden ikke blir fremtredende
  - Stasjonen modelleres uten traverskran
  - Det arrangeres slik at man kan sliske ut utstyr
  - De kan anlegges søylerekke for bæring av tak
  - Søylerekken plasseres mellom «slisegang» og aggregat
  - Heis og rampe ble drøftet som alternativ for inntransport av EM utstyr i stasjonen

## 2.5 Forhold avklart i etterkant av workshopen

I etterkant av workshop har designet blitt drøftet videre i to møter og vis e-post, og følgende er fastsatt:

- Sugerør til to generator løsningen kan roteres, det lagt ved egen skisse i denne rapporten.
- Frittliggende rør i rørtunnel anlegges med 1m klaring til rør for installasjon og framtidig vedlikehold
- Adkomst inn i stasjonen anlegges på kote 84.0
- Fisketrappen krysser under adkomstvegen i kulvert
- Fisketrappen tegnes inn for å angi plassering i forhold til stasjon og inntak.
- Undervann fastsatt til kote 80,4
- Man ønsker å beholde maks sugehøyde slik at turbinene anlegges med angitt maks sugehøyde i forhold til undervann ved kote 80,4 i hølen ved Rafossen
- Taket i stasjonen senkes helt EM utstyr med tilstrekkelig plass for adkomst og vedlikehold
- Taket kan anlegges horisontalt, eventuelt knekkes i forkant om fasaden blir høyere enn 3m.
- Drøfting om man skal anlegge tilløpsrøret på synk for å sikre kortere rør til påkrevet bergoverdekning.
- Utløpene fra stasjonen må føres til kulpene ved Rafossen
- Det anlegges tomt for fiskeobservatoriet på nivå 84.0 ved siden av stasjonen. Kulvert under adkomstvegen føres inn i fiskeobservatoriet og videre i fisketunnel
- Fisketunnel anlegges i forskjæring bak fiskeobservatoriet.

## 3 Inntak

### 3.1 Kraftverksinntaket

For å sikre at det ikke skal dannes en luft sugende virvel foran tunnelinntaket, dykkes tunnelen lavere enn vannflaten. Dykking til tunnelens senterlinje er bestemt etter (Knauss\_m\_flr, 1987) er

$$(h/d)_{cr} = 1/2 + 2F \leq 1,5$$

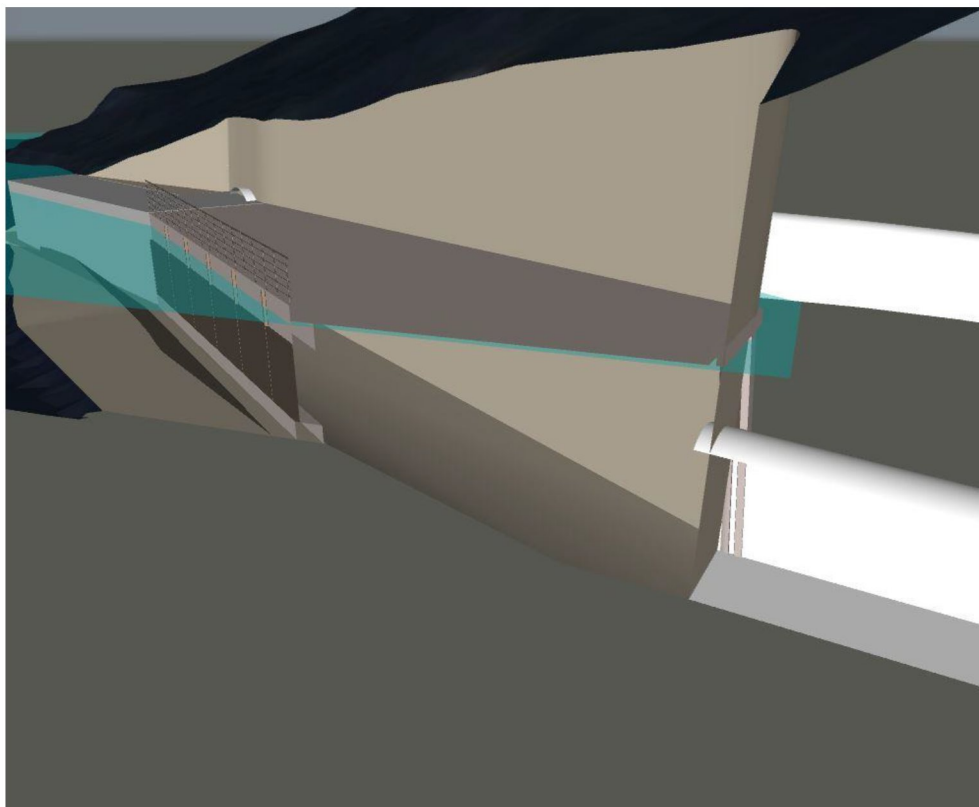
Basert på dette er krav til minimums dykking av tunnelens heng 1.6m ved slukevne lik 28 m<sup>3</sup>/s.

Foran inntaket anlegges en fiskevennlig inntaksrist som beskrevet i kapittel 3.2. Inntaksristen vil være permanent og fungerer også som kraftverkets varegrind.

Fronten på inntaket anlegges langs strandlinjen og får en gunstig vinkel i forhold til terskelen slik at drivgods og sedimenter ledes fra inntaket mot terskelen

Innløpet til tunnelen og inntaket er utformet med tanke på at man skal få mest mulig jevn hastighet over varegrinden og jevn hastighetsøkning inn mot tunnelen. Det er imidlertid komplisert hydraulikk med skjevstrømninger og ulike strømningsforhold med overløp og uten overløp. Det anbefales at man gjennomfører CFD simuleringer eller tilsvarende for å verifisere at man oppnår ønsket strømningsforhold både med tanke på forbislipp av fisk og innstrømning til kraftverket.

Anleggsteknisk er inntaket utformet med tanke på at man kan etablere en byggegrop både for tunnelens forskjæring og inntakets betongkonstruksjon bak en terskel i berg. Det må påregnes å sikre byggegropen med en fangdam i løsmasser hvis man ikke kan sikre lav vannstand i byggetiden ved å slippe vann forbi gjennom eksisterende terskel. I vedlagt tegning er opplegg for inntaksrist skjematisk tegnet opp. Ved videre detaljering må pilarer og konstruksjon gis hydraulisk korrekt form og vinkling.



Figur 1 Snitt gjennom inntaket og tilløpstunnelen



## 3.2 Fiskevennlig inntak

### Forutsetninger

Inntaket utformes med en finmasket rist for å forhindre at nedvandrende laks og sjørøret samt evt. ål, svømmer eller trekkes inn. Den fiskevennlige rista vil være en permanent installasjon, men vil ha sin hovedfunksjon i følgende fiskebiologiske tidsrom:

- Smoltutvandring om våren (siste halvdel av april – mai/ juni)
- Utgytt fisk som vandrer ut (november-desember)
- Vinterstøinger som vandrer ut (februar-ut mai)
- Utvandrende blankål (mai + august-november)

Tidspunkt er generelle og må detaljeres nærmere mot kjent kunnskap fra vassdraget

Det planlegges i utgangspunktet et minstevannføringslipp på 1,3 m<sup>3</sup>/s (vinter) og 3,7 m<sup>3</sup>/s (sommer), i tillegg til det som skal slippes i fisketrappa.

### Utforming av rist

Vannhastigheten foran rista skal ikke overstige 0,5 m/sek (ved full slukeevne). Det er her snakk om en vannhastighet med vektor vinkelrett på rista. Det har derfor vært nødvendig å øke bruttoarealet på rista til ca. 60 m<sup>2</sup> (2\*30 m). Rista vil ha en høyde på 2 m med høyeste punkt rett under overflaten. Rista monteres som en stående rist utformet med horisontale staver. Videre er vinkelen på rista, i forhold til retningen på vannstrømmen i elva gjort så lav som mulig (+/- 30 grader).

Dette designet sørger for at både fisk og driv (blader og annet som måtte komme med elva) lettere skli langs rista til dens nedstrøms ende. I senere faser av prosjektet bør det gjennomføres CFD-simulering for å tilpasse vinkel best mulig i forhold til faktisk strømretning og vannhastighet ved ulike driftsvannføringer for å optimalisere løsningen.

### Fluktarrangement for fisk og disponering av minstevannføring

Umiddelbart i nedstrøms ende av rista anlegges det et arrangement for minstevannslipp, der nedvandrende fisk ledes for videre trygg passasje til nedstrøms dam og foss.

Arrangementet utformes som et traktformet overløp i venstre side av dam, med gradvis innsnevring for å øke vannhastigheten tilsvarende gradvis.

I selve fiskeavlederen er det viktig at vannhastigheten øker jevnt opp til et punkt hvor den overgår fiskens svømmekapasitet. I videre detaljering, må vannhastigheten rett foran fiskeavleder være høyere enn 0,5 m/sek, og videre øke gjennom avlederen med ca. (1 m/sek) / meter, til den har nådd en hastighet som er høyere enn fiskens svømmehastighet, typisk 5-7 m/sek på det raskeste punktet.

Det bør unngås turbulens i forbindelse med avlederen. Det er også ønskelig at fisken bruker kort tid i inntaksområdet og finner fiskeavlederen raskt, blant annet pga. fare for predasjon. Det er derfor unngått bruk av ledevegger eller annet som kan skape bakevjer der fisken vil kunne stoppe opp.

Dimensjonering av avleder vil avhenge av hvor mye vann som skal gå i den til en hver tid. Amerikanske retningslinjer opererer gjerne en tommelregel om at minimum 5 % av slukeevnen i kraftverket bør gå i fiskeavlederen, og gjerne mer. Dette tilsvarer minimum 1,5 m<sup>3</sup>/sek i fiskens nedvandningsperiode.

Det anbefales at hele minstevannføringen går i fisketrapp og fiskeavleder kombinert, og ikke over andre deler av damkrona.

Disponering av minstevannføring må detaljeres nærmere i forhold til fiskens vandningsperioder (som nevnt over), og dessuten sett i forhold til når fisketrappa skal være i bruk av oppvandrende fisk, som

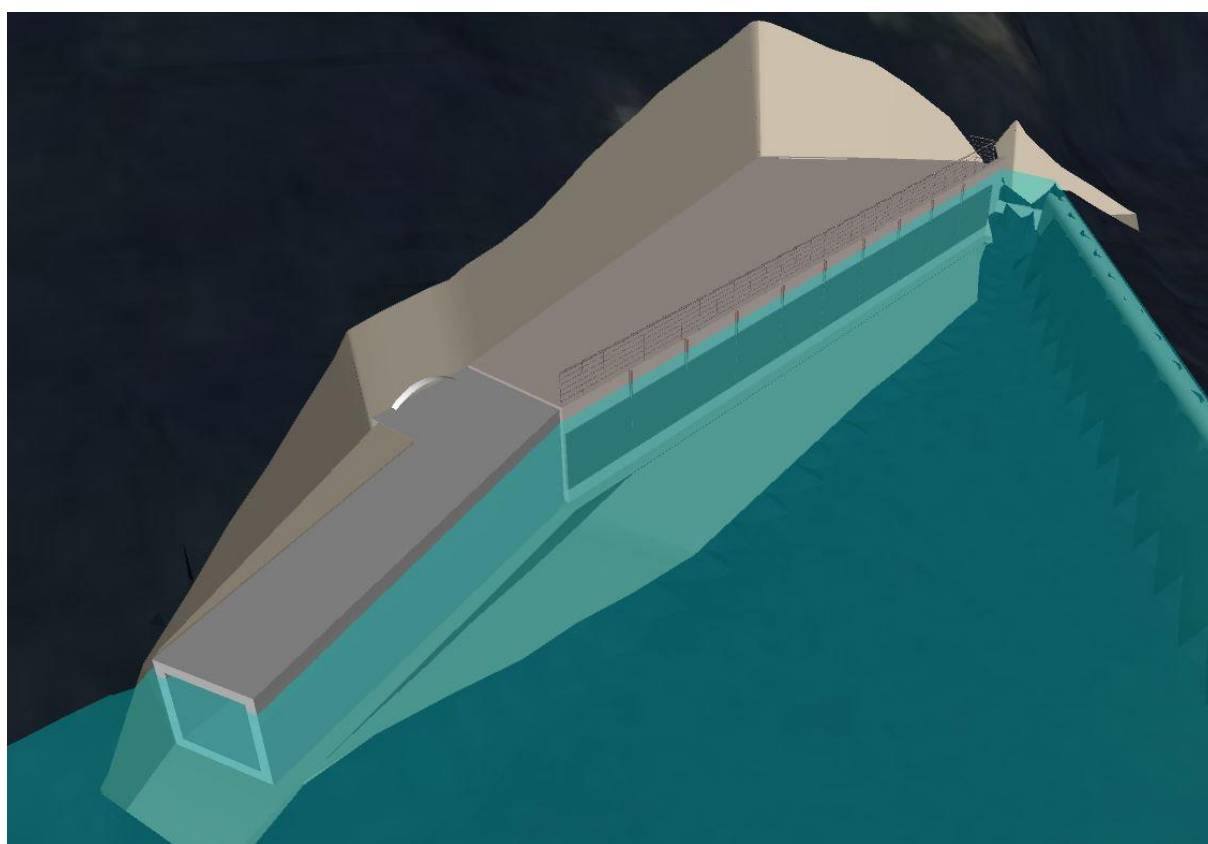


typisk er fra vår-høst. I denne perioden kan det være aktuelt å kjøre en relativt sett større andel i fisketrappa. Dette vil imidlertid måtte detaljeres nærmere nå trappedesign er valgt.

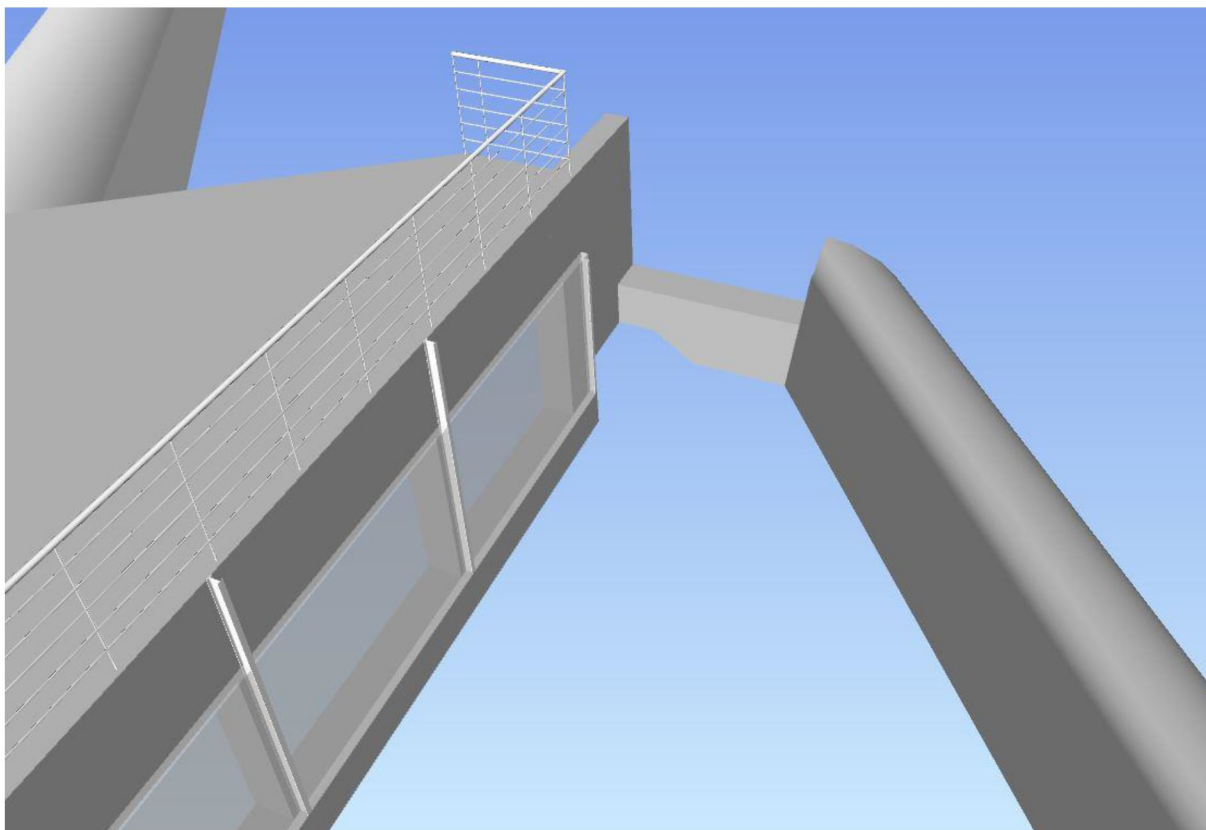
I hele avledningsarrangementet bør kanter være avrundete, brå vinkler unngås, og kurvaturer være slake for å minimere skade på fisk og risk for at driv fester seg. Endelig kulp nedstrøms bør ha tilstrekkelig dyp til at fisken ikke skader seg.

#### Fleksibel løsning

Den tekniske løsningen bør i den videre detaljeringen uansett gjøres dynamisk, slik at man har mulighet til å teste ulike slippmengder og overvåke når fisken vandrer, så man kan optimalisere løsningen etter bygging. Dette kan f.eks. gjøres ved å sette inn en klappeluke (evt annen type luke) som muliggjør et fleksibelt vannslipp. Disponering av minstevannmengde må samkjøres med optimalt vannslipp i fisketrappa.



Figur 2 Oversikt inntak



Figur 3 Utløp for fisk og minstevannføring i terskelen

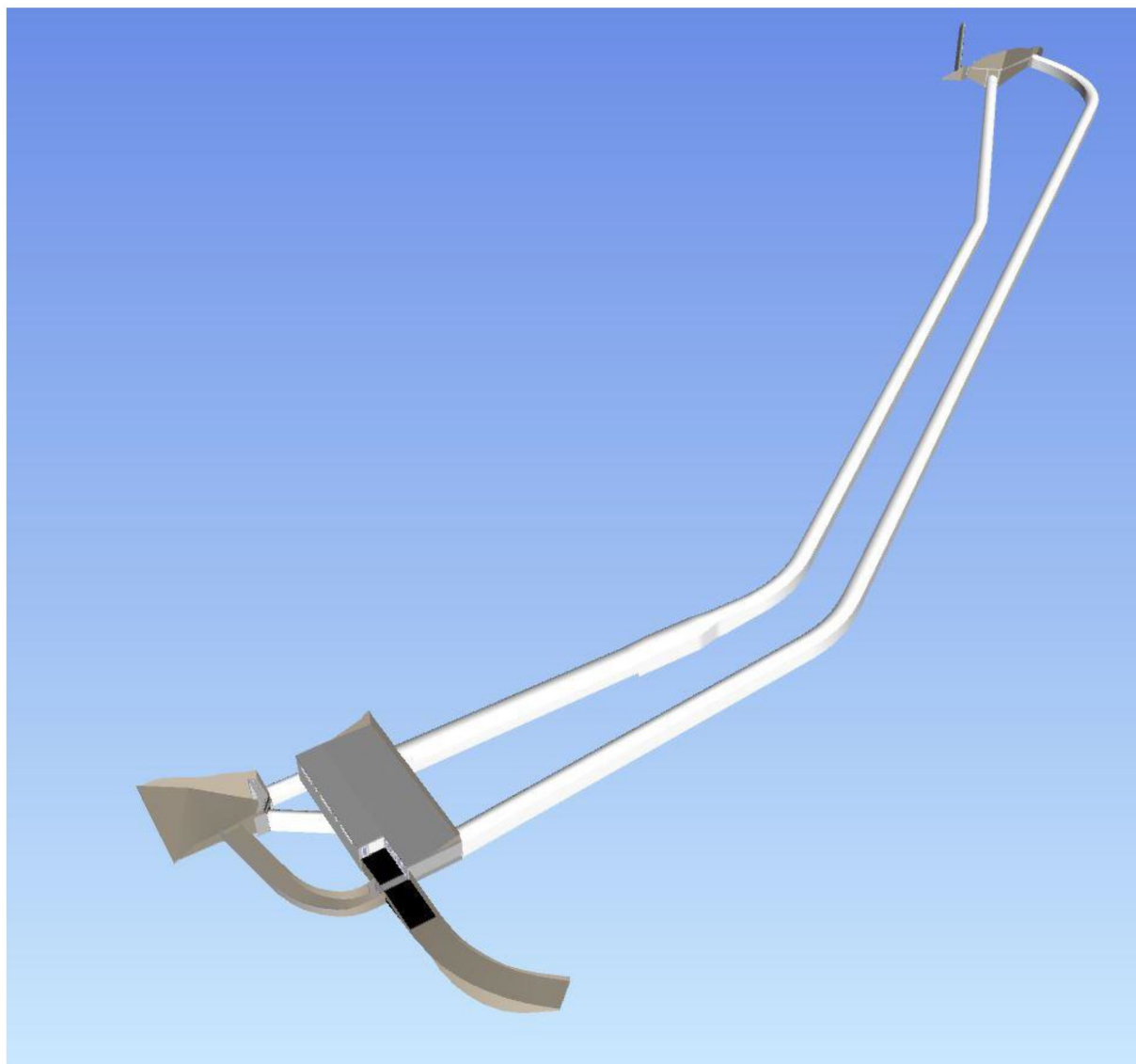
### 3.3 Innløp til fisketrappen

Utformingen av fisketrappen og innløpet til denne er ikke en del av Norconsults oppdrag, men som avtalt med Sira Kvina er innløpet og tunnelen tegnet inn i samme 3D modell for å se på hvordan fisketrappen kan anlegges rent anleggsteknisk i forhold til inntaket. Det er tenkt at forskjæringen til fisketrappens tunnel og innløpet til fisketrappen kan anlegges i samme byggegrop som illustrert over. Innløpet til fisketrappen er trukket noe vekk fra inntaket, men dette må detaljeres ytterligere av de som er ansvarlig for utformingen av fisketrappen.

## 4 Tilløpstunnel og tunnel for laksetrapp

### 4.1 Tilløpstunnel og tunnel for laksetrapp.

Begge tunnelene er anlagt med samme tverrsnitt for å kunne drives med samme utstyr.



Figur 4 3D oversikt tilløpstunnel til venstre og tunnel for laksetrapp til høyre

Hoveddata er som beskrevet i Design basis og på vedlagt tegning.

Kurveradius er satt til maks 30m som tilsvarer ca 8,5 x B. Dette for unngå singulærtap i tunnelkurve.

Det etableres bjelkestengsel i tunnelforskjæringen ved inntaket for å kunne stenge tilløpstunnelen for revisjon. Det antas at Sira Kvina anlegge tilsvarende bjelkestengsel i innløpet til laksetrappen.

I overgang mellom tilløpstunnel og rørtunnel anlegges steinfang for oppsamling av eventuelle løsmasser i tunnelen.

## 4.2 Rørtunnel

### 4.2.1 Overgang fra tilløpstunnel til rørtunnel

I nedstrøms ende av tilløpstunnelen og steinfanget anlegges det en betongpropp med overgang til to tilløpsrør, et rør for hver turbin. Betongproppens plassering bestemmes av innvendig vanntrykk i tunnelen og den minste hovedspenningen i berget for å forhindre at det oppstår hydraulisk splitting i berget. Berget og overgangen til betongproppen injiseres for å minimalisere og fjerne lekkasje fra den vannfylte tunnelen til kraftstasjonen.

I Multiconsults ingeniørgeologiske rapport (Multiconsult, 2014) er det anbefalt at på bakgrunn av statisk trykk at minimum bergoverdekning i nedre del av tunnelsystemet er 23 m. Selv om det er gjort et overslag basert på overdekningen anbefales det at man gjennomfører bergspenningsmålinger for å fastsette proppens plassering da slike overslag gir en stor del usikkerhet, spesielt da tunneltraseen er plassert i en rygg som er i en dal noe som gjør at det kan være risiko for lave bergspenninger.

Rørtunnelens lengde er drøftet videre i kapittel 5.

For klassifiserte vassdragsanlegg bestemmes betongproppens lengde av følgende kriterier.

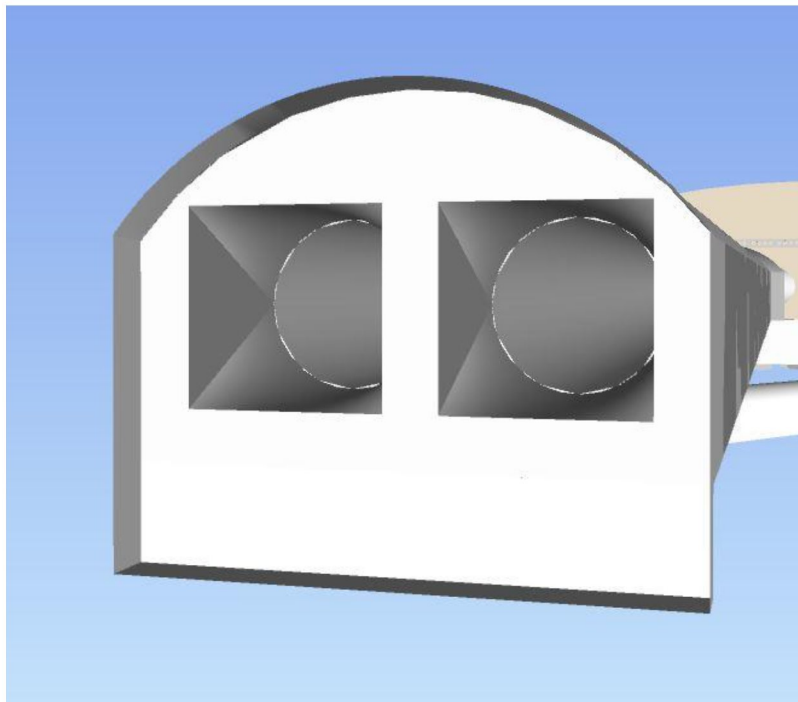
- Skjærspenningen i kontaktflaten mellom betong og fjell (heftspenningen) skal ikke settes høyere enn  $0,35 \text{ N/mm}^2$  dersom ikke nærmere undersøkelser av fjellet dokumenterer noe annet.
- Hydraulisk trykkgradient langs betongproppen skal være mindre enn  $0,5 \text{ N/mm}^2/\text{m}$  eller  $50 \text{ m}$  vanntrykk pr. m propplengde.
- Lengden på betongproppen skal minst være 2 ganger største tverrsnittdimensjon, høyde (h) eller bredde (b) av tunnel. Betongpropper i store tunneler og med lave vanntrykk (mindre enn  $100 \text{ m}$ ) kan og bør vurderes spesielt.

*Figur 5 Krav til betongproppens lengde i henhold til retningslinje for stenge og tappeorgan (NVE, 2011)*

Kriteriene 1, 2 og 3 gir hhv  $1,3 \text{ m}$ ,  $0,9 \text{ m}$  og  $13,6 \text{ m}$  lang propp. Som drøftet i det videre anbefales det å støpe ut hele rørtunnelen, slik at man således oppfyller alle kravene. Hvis man senere bestemmer å anlegge rør på bukker må proppens lengde fastsettes og vurderes nærmere på bakgrunn av planlagt injeksjonsskjerm, bergspenningsmålinger og bergkvalitet i utsprengt tunnel.

For endelig vurdering av proppens plassering og eventuelt proppens lengde anbefales det at det gjøres detaljerte vurderinger av Ingeniørgeolog.

Det anbefales å anlegge mannhull eller demontasjestykke på rørtunnel for å ha personal adkomst til tilløpstunnelen ved inspeksjon og vedlikehold.



Figur 6 Overgang fra tunnel til rørtunnel sett fra oppstrøms side av proppen

#### 4.2.2 Tilløpsrør og rørtunnelens form

Det er vurdert to alternativer for plassering av rør i rørtunnelen. Det ene alternativet er å plassere rørene på betongklosser med forankring i bend. For dette alternativet må tunneltverrsnittet økes slik at man har plass for fremtidig vedlikehold. Det vil også bli krav til tykkere rør på grunn av sadelkrefter. Det andre alternativet er å støpe inn tilløpsrørene. For dette alternativet vil krav til rørtykkelse være styrt av utvendig vanntrykk, som i dette tilfellet mindre tykkelse som for alternativet med frittliggende rør.

Det er også vurdert alternativ med felles tilløpsrør med bukserør. En slik løsning er vurdert til å være marginalt dyrere enn to enkle rør i felles rørtunnel.

Det anmerkes at endelig løsning (også rørmateriale) og kostnader vil avhenge av EM leverandørens tilbud, så endelig løsning må fastsettes når dette er kjent.

Tabell 1 Alternative rørtunneler, kostnad for tunnel, sikring, stålør og betong

|               | Rørtunnel med to rør | Rørtunnel med to innstøpte rør | 2 rørtunneler med innstøpt rør | Bukserør og et rør i rørtunnel | Bukserør, et rør innstøpt i rørtunnel |
|---------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Lengde        | 50                   | 50                             | 50                             | 50                             | 50                                    |
| Sum (mill)    | <b>7,62</b>          | <b>7,48</b>                    | <b>7,93</b>                    | <b>8,83</b>                    | <b>8,39</b>                           |
| Rør D (m)     | 1.9                  | 1.9                            | 1.9                            | 2.7                            | 2.7                                   |
| Rør t (m)     | 0.0140               | 0.0120                         | 0.0120                         | 0.0190                         | 0.016                                 |
| A tunnel (m2) | 24                   | 18                             | 10                             | 18                             | 13                                    |

I kostnadsoverslaget er det forutsatt en rørtunnel med to innstøpte rør.



## 5 Arrangement stasjon 2 generator løsning

### 5.1 Innledning

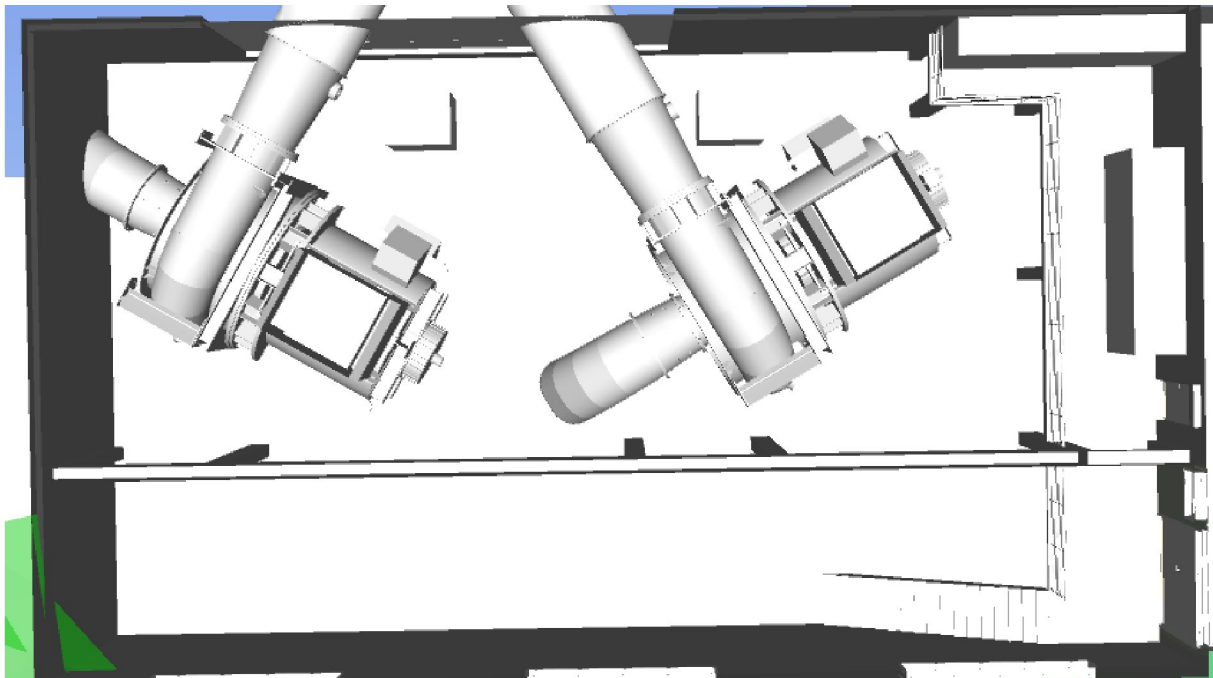
Stasjonens størrelse form og plassering er utarbeidet med bakgrunn i innspill og ønsker fra Sira-Kvina som beskrevet i design basis, Multiconsults landskapsrapport (Multiconsult, Landskapsarkitektrapport-129738-NOT-LARK-001, 2016) og drøftet i workshop, se kapittel 6.

Som utgangspunkt for plasseringen av stasjonen var det lagt til grunn den landskapsmessige tilpassingen til terrenget som beskrevet i Multiconsults landskapsrapport, men med ønske fra Sira-Kvina om å se på muligheten for å trekke stasjonen lengre ut i dagen for å unngå å måtte bygge ca. 20m høyer skjæringer i byggegropen. Både med tanke på store kostnader og kostnadsikkerhet ved så høye skjæringer, men også kostnader med selve kraftstasjonsbygget. Det var også et ønske fra Sira-Kvina å se på muligheten for å bygge stasjonen uten maskinsalkran.

### 5.2 Stasjonens plassering og rørtunnelens lengde

Ved å gi stasjonen en avlang form og plassere lengdeaksen langs terrengets helning minimalisere skjæringens høyde. Stasjonen er trukket ut i terrenget slik at bygget er synlig over kote 84,0. Ved å trekke stasjonen så langt ut reduseres skjæringens største høyde til ca 8 m og den synlige fasaden i front på kraftstasjonsbygget og lakseobservatoriet blir ca 90m<sup>2</sup> som er tilsvarende det som er vist i Multiconsults landskapsrapport.

Ved å trekke stasjonen ut må man øke lengden på rørtunnelen og tilløpsrørene. Det er anslått at for å beholde anbefalt overdekning ved betongproppen, må man ha ca 15m lengre tilløpsrør.



Figur 7 Plansnitt kraftstasjon med 2 generator løsning

### 5.3 Plassering av aggregatene og tilløpsrør

Det ble forsøkt ulike konstellasjoner for å optimalisere stasjonens størrelse og form.

Det ble vurdert at ved å rotere aggregatene kan man anlegge begge tilløpsrørene i en tunnel i stede for to rør i to tunneler.

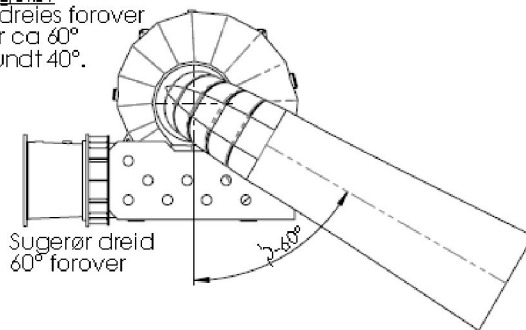
Valgt løsning er å rotere aggregatene slik at tilløpsrørene kan legges i samme tunnel, se også vurderinger i kapittel 4.

### 5.4 Sugerør

Aggregatene som er lagt til grunn for 3D modellen har sugerør som stikker veldig dypt. Det er derfor forutsatt at man kan tilpasse sugerørene til de planlagte avløstunnelene. Etter at kraftstasjonens arrangement var tegnet inn i modellen har leverandør av turbinen opplyst at man kan tilpasse sugerørene som vist på Figur 8. Denne informasjonen er ikke innarbeidet i arrangementet, men må innarbeides før man bestemmer endelig utforming av stasjonen.

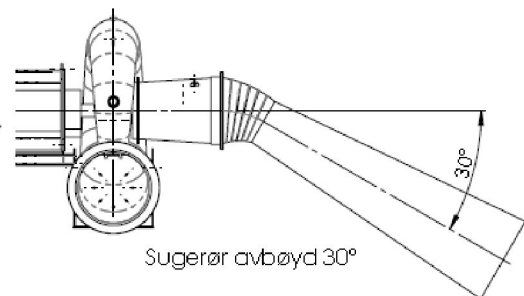
#### Dreing av sugerør

Sugerør kan dreies forover eller bakover ca 60° men typisk rundt 40°.



#### Avbøyning på sugerør

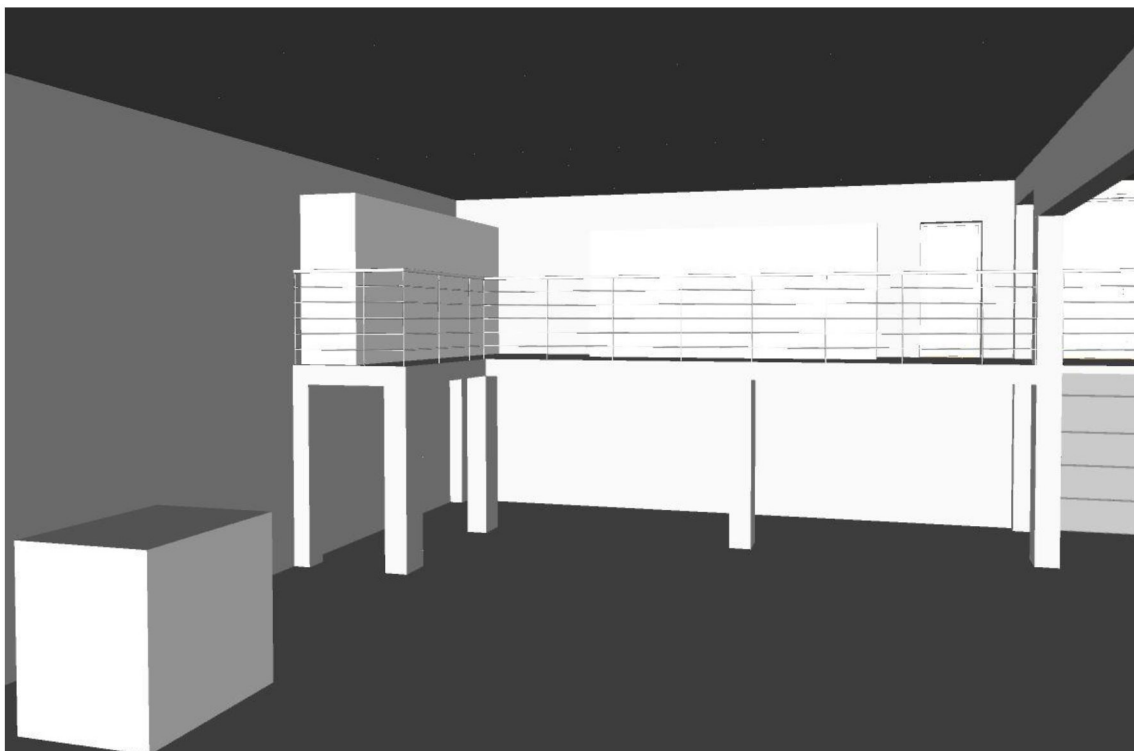
På horisontale francis turbiner blir sugerøret bøyd mellom 30° og 90°, typisk 70°.



Figur 8 Mulig tilpassing av sugerør

### 5.5 Kontroll-, apparat- og smøreoljeanlegg

Det etableres en mesanin på kote 84 slik at selv om man har svikt i lensingen og det kommer vann inn i stasjonen, så er kontroll- og apparatanlegg plassert tørt. Oljetrykksanlegget plasseres ned på gulvet ved siden av aggregatet



Figur 9 Kontroll og apparatanlegg plassert på mesanin. Smøreoljeanlegg plassert på maskinsalgulv. I utsnittet er aggregat 1 skjult for bedre å vise mesaninen.

## 5.6 Ventilasjon og kjøling

Kjøling av generatoren går fra luft til en varmeveksler med lukket kjøleslynge i en av avløpstunnelene. Ventilasjon av maskinsalen skjer ved et enkelt ventilasjonsaggregat som kan plasseres på en vegg. Dette anlegget er ikke tegnet inn i 3D modellen.

## 5.7 Dykking og drenasje

Det er fra leverandørene opplyst at løsningen med 1 generator har strengere krav til dykking og at turbinsentret for 1 generator løsningen må plasseres ca 1m lavere enn løsningen med to generatorer. Teoretisk kan man da utnytte mer av kraftverkets fallhøyde. Vi anbefaler imidlertid for både 2 generator og 1 generator løsningen at man plasserer turbinsentret og maskinsalgulvet noe høyere ved at man lager en overløpsterskel i utløpet som sikrer tilstrekkelig dykking. Ved å plassere turbinsentret noe høyere så reduserer man risiko for innlekkasje av vann ved større vannføringer og høyere undervann. Legger man dette til grunn vil inntektsforskjellen mellom de 1 og 2 generator løsningen bli tilnærmet lik, bare skilt av forskjell i virkningsgrad.

Det er ønskelig fra byggherren å plassere stasjonen med maks sugehøyde, stasjonen er derfor plassert i henhold til krav til dykking som vist i design basis. I modellen er det turbinsentret plassert i forhold til krav til sugehøyde og laveste undervann ved laveste slukevne lik kt 80,4.

Dette gir innvendig gulvnivå på ca kote 81,4 som er 1m over minste undervann.

Overflatevannet ledes bort fra bygget ved selvfall.

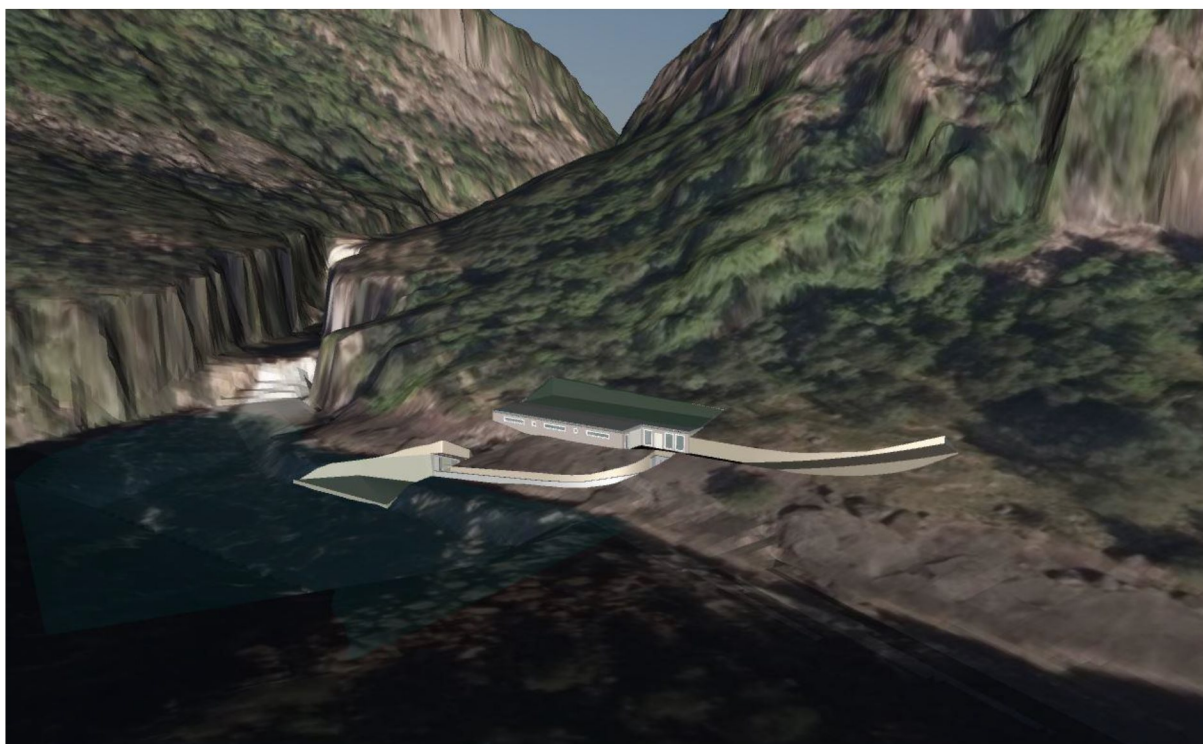
Grunnvann rundt bygget samles opp fra drensplater, drensør eller lignende i kontaktstøpen og samles. Grunnvann og lekkasjevann fra tilløpstunnelen og innvendig kondensvann samles i en



pumpesum som kontinuerlig pumper vannet til over kote 84.0. Pumpesumpen anbefales utstyrt med dobbelt sett med pumper for å sikre redundans.

## 5.8 Utforming av yttervegger

Opprinnelig løsning var å støpe vegger eller opplegg for takkonstruksjon i forskjæringen og sikre veggen med sprøytebetong. Ved valg av løsning der man har lavere skjæringer og stasjonen stikker delvis opp av terrenget, er det vurdert enten å støpe veggene mot fjellskjæringen eller å bygge et frittstående bygg som fylles tilbake med lette fyllmasser. En grov kostnadssammenligning viser at det er marginalt rimeligere å støpe veggen mot skjæringene. En slik løsning vil også gjøre det enklere å etablere en tett barriere mot lekkasjer fra undervannet. I kostnadsoverslaget er det lagt til grunn at ytterveggene utføres som plasstøpt betong med ensidig forskaling i skjæring og tosidig forskaling over skjæring. Der veggen kontaktstøpes mot berg legges det inn dreneringsplater for å samle opp lekkasjevann fra berget. Der veggene stikker over skjæringen isoleres og forblendes veggen med natursteinsmur eller tilsvarende.

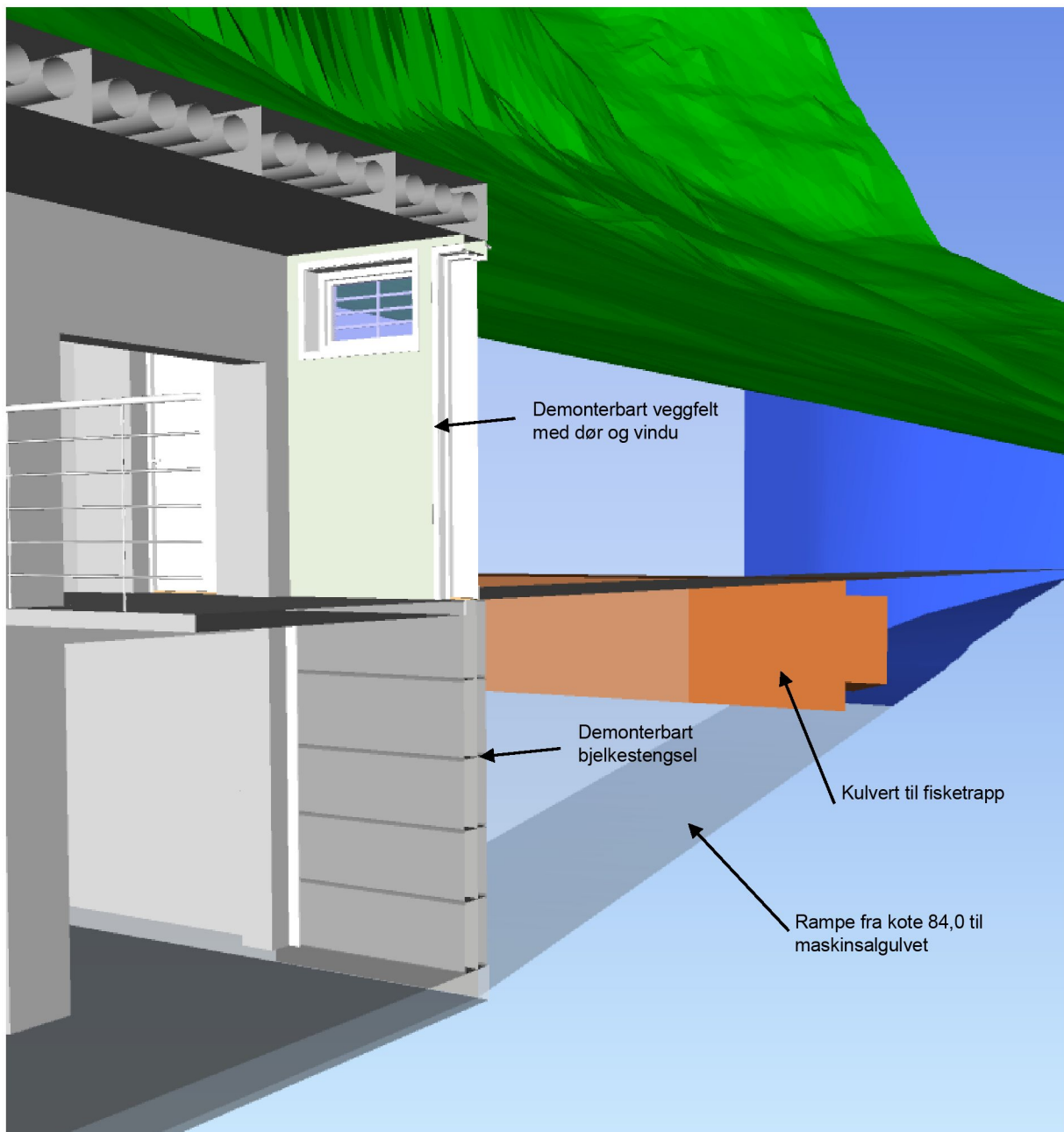


Figur 10 Oversikt kraftstasjon med fiskeobservatorie og utløp fra fisketrapp.

## 5.9 Adkomst og transport av utstyr

Under bygging og montasje er det etablert en rampe ned fra adkomstnivå ved kote 84,0 til nivå med maskinsalgulvet. Når tilløpstunnelen og maskinsalen sprenges og betongarbeidet og montasjearbeid utføres ut, brukes rampen til uttransport av masser og transport av byggematerialer og utstyr. Kraftstasjonen bygges ferdig og alt elektromekanisk utstyr monteres og idriftsettes før rampen lukkes og terrenget reetableres på kote 84,0. Rampen lukkes ved at man setter et bjelkestengsel i nedre del av veggen og fyller tilbake masser mot stasjonen. I øvre del av veggen monteres et demonterbart veggfelt med dør og vindu. Ved senere behov for å transportere ut elektromekanisk utstyr, må rampen avdekkes og bjelkestengselet samt demonterbart veggfelt fjernes. Fisketrappen er koblet til fiskeobservatoriet/tunnelen via en kulvert under adkomstvegen og krysser område for rampen ned til

maskinsalgulvet. Ved en eventuell framtidig åpning av rampen, vil dette være midlertidig og man må midlertidig fjerne kulverten som kobler sammen fisketrappen og fiskeobservatoriet/tunnelen.



Figur 11 Snitt i stasjonen og adkomstrampe

## 5.10 Internttransport av utstyr i stasjonen

Når utstyret er transportert ned rampen, kan det løftes av henger ved at utstyret jekkes opp og hengeren gjør ut. Utstyret kan da senkes ned på en slisketralle eller lignende. Inntransport av utstyr i stasjonen kan skje ved at Som drøftet i innledningen er det et ønske fra byggherren Kort beskrivelse av prinsipp. Det anbefales at man avklarer alle forhold til lokaltransport med leverandøren, slik at dette beskrives og avtales i kontrakten som for eksempel:

- Utstyr for å lage festepunkt i vegger eller gulv for å kunne feste vinsj for å trekke utstyret.



- Bygging av løfteåk og slisketralle eller tilsvarende
- Evt åpning i tak for å løfte, eller jekkepunkt



Figur 12 Eksempel på slisketralle

## 5.11 Grensesnitt mot fiskeobservatoriet

Det er tegnet inn en tomt med enkel konstruksjon for fiskeobservatoriet på samme nivå som kraftstasjonen.

## 5.12 Utløpstunnel

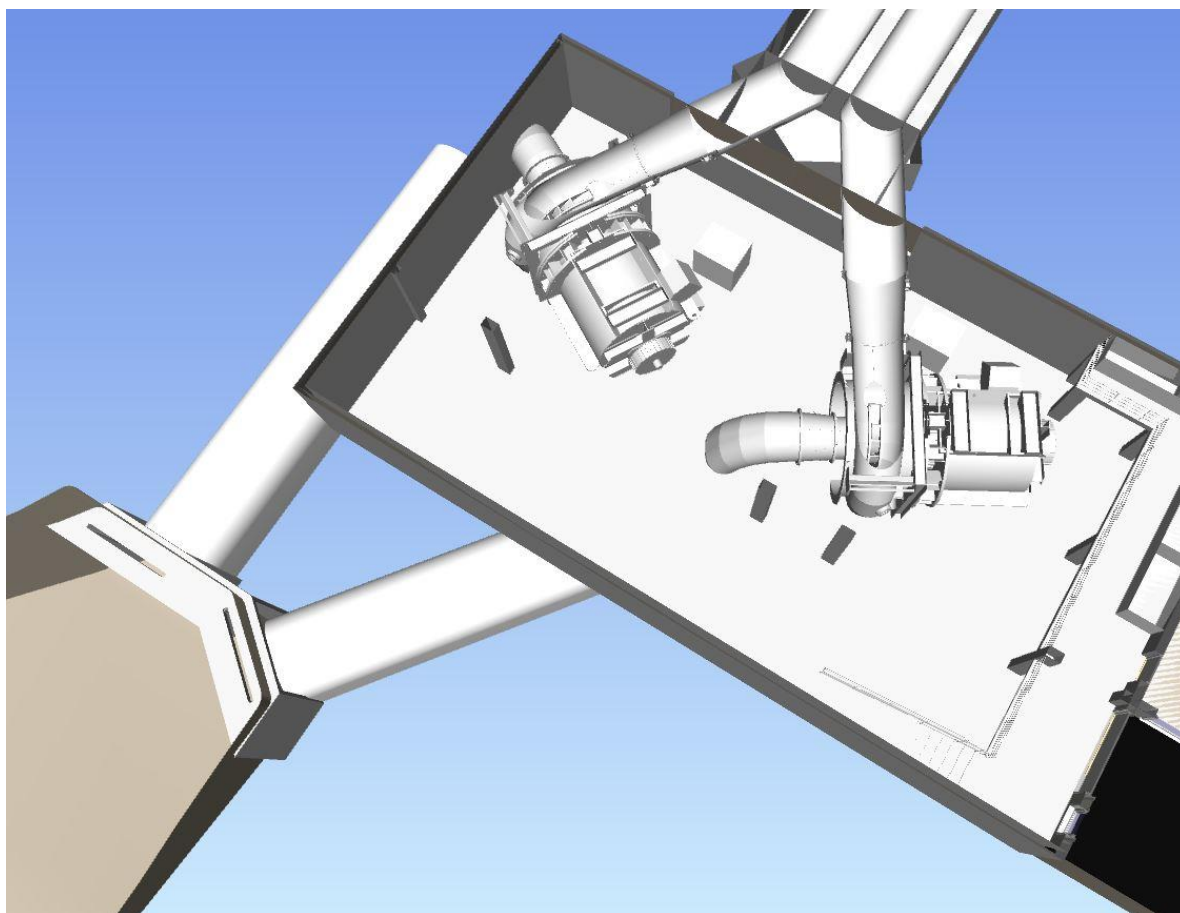
Det anlegges en utløpstunnel fra hvert aggregat

Utløpstunnel nummer to trekkes ut fra vegg for å redusere risiko for utfall av berg mellom maskinsalgulvet og tunnelhengen.

Utløpstunnel nummer en må krysse under maskinsalgulvet. Tunnelens nivå er anlagt slik at man har en klaring fra tunnelhengen opp til maskinsalgulvet på 2m

Begge vil være dykket for alle vannføringer.

I den ene avløpstunnelen anlegges rørsystem for varmeveksler til kjøleanlegget.



Figur 13 Plansnitt gjennom stasjonen som viser avløpstunnelene og utløpet

## 6 Utløp

Avløpstunnelene har utløp i felles forskjæring. Det anlegges dekke og føringer for bjelkestengsel med separat bjelkestengsel for hvert utløp, slik at man kan stenge avløpstunnelene uavhengig av hverandre. I utløpskonstruksjonen anlegges det også opplegg for rist for å forhindre at fisk går inn i avløpstunnelene.

### 6.1 Fiskevennlig utløp

I koplingspunkt mellom utløpstunnel og fisketrapp legges det opp til å ivareta at fisken kan lokalisere inngangen til trappa enklest mulig, at fisken ikke skal kunne svømme videre inn i tunnel, og at fisken ikke skal forsinkes mer en nødvendig i oppvandringen i dette punktet.

Det er ikke enda laget tegninger for laksetrappa og utforming av denne er ikke en del av forprosjektet, men det anbefales at denne i videre arbeid utformes som en vertikal spaltetrapp. Spaltetrapper vil fungere i et større spekter av vannføringer og være selvregulerende. Trappa er dessuten i stor grad selvrensende og gir ypperlige vandringsmuligheter for de arter den tegnes for.

Dyp utløpstunnel: Vannstanden i tunnelen vil variere mellom kote 80-82 i takt med driftsvannføring og vannføring i elva ellers. Minimumsdyp ved laveste vannstand bør være ca. 1,5 meter, og sprang opp til første kulp i trapp bør ikke overstige 40 cm på laveste vannstand. Dypet i tunnel nedstrøms fisketrapp vil øke med stigende vannstand. Dypet bør imidlertid ikke bli for stort da dette vil kunne medføre at laks blir stående her over tid. Dybdeintervall på ca. 1,5 – 2,5 meter avhengig av varierende vannstand i tunnel er trolig ok, men bør sjekkes mot prosjektering av fisketrapp.

Lokkestrøms og vinkel: utløp fra fisketrapp vinkles  $< 90^\circ$  i forhold til utløpsstrøm, og bør ligge enda lavere, ned mot rundt  $30^\circ$ . Vannhastighet i utløpskanal i koblingspunktet vil variere basert på turbinvannføring, men vil maksimalt ligge på rundt 2m/s. Trappedesign og vannføring i denne er foreløpig ikke bestemt men generelt bør lokkestrøm fra trappa være tydelig og konsentrert. Det er anbefalt at min 5 % av vannføring brukes i trappa. Ved slukeevne =  $30 \text{ m}^3/\text{sek}$  tilsvarer dette at  $1,5 \text{ m}^3/\text{sek}$  av MVF går i trappa i oppvandringsperioden.

Varegrind med lysåpning 40 mm og areal  $30 \text{ m}^2$  etableres der tunnelen går over i utløpskanal. I arbeidsmøte i desember ble det diskutert plassering av grinda i forhold til utløp fisketrapp. SINTEF / Fjellstad oppgir at det trolig ikke er kritisk for om laksen finner inngangen til trappa, at varegrinda må plasseres helt inntil koblingen mellom laksetrapp og kraftverksutløp, og at selve rista kan plasseres noen meter lenger inn i tunnelen. Dette er innarbeidet i planene. Stavene på rista bør orienteres horisontalt. Kroppsbredde på en voksen laks tilsvarer ca.  $0,1 * \text{kroppslengde}$ . En kan regne at kroppshøyde tilsvarer ca.  $0,17 * \text{kroppslengde}$ . Vår vurdering er dermed at en 30 cm lang sjørørret (samt større laks og sjørørret) vil forhindres å vandre inn i tunnelen med en horisontal rist med lysåpning på 4 cm.



Figur 14 Oversikt utløp



## 7 Arrangement stasjon 1 generator løsning

### 7.1 Innledning

Arrangementet i stasjonen er basert på et arrangement fra Rainpower. Det er mange forhold med arrangementet og stasjonsplassering som er felles med 2 generatorløsning. Disse er beskrevet i kapittel 5 og derfor ikke drøftet i dette kapitlet. Dette kapitlet tar derfor for seg de forhold ved 1 generator løsningen som er spesielt for denne, og som vil være kostnadsdrivende.

### 7.2 Stasjonsarrangement og avløpstunnel.

Stasjonen anlegges på samme måte som stasjonen med to generatorløsning slik at adkomsten anlegges på kote 84,0

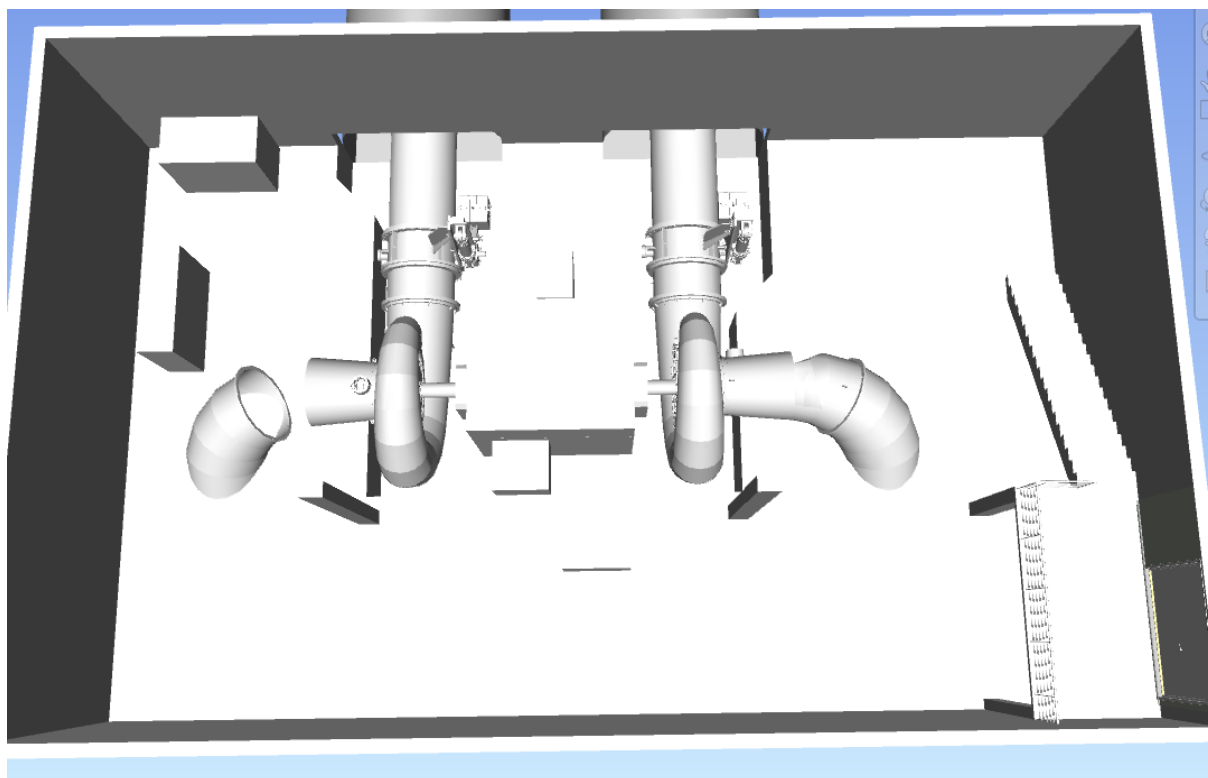
Stasjonen har maskinsalgulvet noe lavere på grunn av mindre krav til dykking. Dette gjør at byggegroppen blir ca. 1m dypere og innkjøringsrampen blir 6m lengre

Det er ikke mulig å vinkle tilløpsrørene mot hverandre, slik at det anlegges to separate rørtunneler med to separate propper.

Det er ikke oppgitt om det er mulig å gi sugerørene en annen form enn det som er vist fra Rainpower på samme måte som det er vist for 2 generator løsningen. Det antas at man kan forme sugerørene noe for å forbedre linjeføringen på utløpstunnelene, men det er klart at man ikke kan løfte de like mye som vist for 2 generator løsningen uten at man må gjøre stasjonen bredere. Alternativet er da at man må gjøre utløpet mye dypere enn for 2 generator løsningen.

På grunn av at man får litt stivere linjeføring for utløpstunnelene og at maskinsalgulvet er lavere, vil man måtte anlegge utløpene noe fra hverandre, enten i en bred forskjæring eller i to separate mindre forskjæringer.





Figur 15 Arrangement stasjon, 1 generator løsning

## 8 Illustrasjoner

Det er laget noen illustrasjoner for å vise hvordan fasaden og adkomsten kan anlegges:



*Figur 16 Fasade sett inn mot adkomst og lakseobservatoriet*



*Figur 17 Fasade sett forfra*



Figur 18 Fasade sett fra utløpshølen



Figur 19 Oversiktsbilde kraftstasjon og Rafossen



## 9 Kostnadsoverslag

### 9.1 Innledning

Kostnadsoverslaget er basert på de forutsetninger som er beskrevet i denne rapporten og mengder fra anslag og 3D modellene. Enhetsprisene er mottatt fra Sira Kvina og er basert på innhenting av budsjettpriser fra Entreprenører. Noen enhetspriser er hentet fra Norconsults database. Kostnadsoverslaget er derfor gjeldende for 4. kvartal 2016

### 9.2 Forutsetninger

Kostnadsoverslaget er basert på den utformingen av anlegget som beskrevet i denne rapporten og følgende forutsetninger:

Post for «uspesifisert bygg» omfatter forskaling for sliss og sprang med dørkplater, waterstop og tilpassing til utstyr, tilpassing mot berg, flåsprenging og sikkerhetstiltak ved sprenging. Det er, etter avtale med Sira Kvina, lagt inn 15 % påslag for «uspesifisert bygg».

Fangdamarbeider i innløpet og utløpet forutsettes gjennomført ved at det etableres en terskel mot vannet kombinert med fangdam. Fangdammen åpnes ved å fjerne løsmassene og sprengre gjenstående fjellterskel. Det legges derfor til kostnad for sprenging under vann for deler av forskjæring som en del av post for fangdam

Alle kostander er i NOK og eksklusive MVA.

For enkelte aktiviteter er følgende forholdstall forutsatt

Tabell 2 Forholdstall

| Aktivitet         | Forholdstall | Enhet |   |
|-------------------|--------------|-------|---|
| Armering/betong   | 120          | kg/m3 | Gjelder all armering og fjellbolter                       |
| Forskaling/betong | 3            | m2/m3 | Gjelder mindre elementer som søyler, dragere og fundament |

### 9.3 Enhetspriser

Som vist i Tabell 4 har Sira Kvina mange enhetspriser for de ulike elementene. Det er avtalt å bruke en snittpris på betong og forskaling for å gjøre kostnadsoverslaget med oversiktlig.

Tabell 3 Enhetspriser fra Sira-Kvina

| Post                | Enhetspris | Enhet |
|---------------------|------------|-------|
| <b>Generelt</b>     |            |       |
| Rigg og drift       | 24         | %     |
| Uspesifisert (bygg) | 15         | %     |



|   |            |        |
|---|------------|--------|
| Detaljprosjektering                                 | 5 600 000  | RS     |
| Byggherrekostnad                                    | 4 000 000  | kr     |
| Grunnerverv og erstatning                           | 2 000 000  | kr     |
| Landskapstiltak                                     | 500 000    | kr     |
| Nettilknytning                                      | 8 000 000  | kr     |
| <b>Mekanisk</b>                                     |            |        |
| Grindrensker  | 1 700 000  | Kr     |
| Varegrind   | 500 000    | Kr     |
| Bjelkestengsel inntak                               | 100 000    | Kr     |
| Bjelkestengsel utløp                                | 160 000    | Kr     |
| Pakkepris, turbin, generator, trafo, sugerør, 2 gen | 26 000 000 | kr     |
| Pakkepris, turbin, generator, trafo, sugerør, 1 gen | 25 000 000 | kr     |
| <b>Betongarbeider</b>                               |            |        |
| Forskaling  | 1 400      | kr/m2  |
| Betong  | 2 200      | kr/m3  |
| Armering, generelt                                  | 19         | kr/kg  |
| Betongelementer prefab.                             | 63 385     | kr/stk |
| <b>Adkomstvei Rafoss</b>                            |            |        |
| Oppgradering Vei                                    | 575        | kr/m   |
| Ny vei  | 1545       | kr/m   |
| Toppdekke+Asfalt                                    | 690        | kr/m   |
| <b>Adkomstvei Stegemoen</b>                         |            |        |
| Ny vei  | 4140       | kr/m   |
| Toppdekke   | 255        | kr/m   |
| <b>Byggegrop, kraftstasjon</b>                      |            |        |
| Sprengning i stasjonen                              | 140        | kr/m3  |
| Rensk og spyling                                    | 230        | kr/m2  |
| Fiberarmert sprøytebetong                           | 4760       | kr/m3  |
| Fjellbolter   | 2115       | kr/stk |
| Rassikringsgjerde                                   | 24940      | kr/m   |
| <b>Andre grunnarbeider</b>                          |            |        |
| Injeksjon, kjemisk                                  | 305        | kr/l   |
| Injeksjon, sement                                   | 135        | kr/l   |
| Fjellbolter i propp                                 | 865        | kr/stk |
| <b>Tunnelarbeider</b>                               |            |        |
| Tunneldrift 13 m2                                   | 14 330     | kr/m   |

|  |         |        |
|--|---------|--------|
| Tunneldrift 20-25 m2                             | 19 205  | kr/m   |
| Tunneldrift 30 m2                                | 20 000  | kr/m   |
| Fiberarmert sprøytebetong                        | 5 605   | kr/m3  |
| Fjellbolter (mindre tverrsnitt)                  | 885     | kr/stk |
| Fjellbolter (større tverrsnitt)                  | 1 065   | kr/stk |
| Sedimenteringsbasseng                            | 355     | kr/m3  |
| Rensk av veibane og spyling                      | 260     | kr/m2  |
| Sprengningsarbeider i utløp                      | 460     | kr/m3  |
| Strossing i laksetrapp                           | 600     | kr/m3  |
| Rensk i laksetrapp                               | 265     | kr/m2  |
| <b>Annet</b>                                     |         |        |
| Port   | 166 635 | kr/stk |
| Offentlig toalett                                | 343 940 | kr/stk |
| Parkeringsplasser                                | 34 795  | kr/stk |
| Uteområde  | 297 975 | kr/stk |
| Stål   | 2 770   | kr/m   |
| <b>Lakseobservatoriet</b>                        |         |        |
| Sprengning, lakseobservatoriet                   | 470     | kr/m3  |
| Sprøytebetong, lakseobservatoriet                | 5 260   | kr/m3  |
| Fjellbolter, lakseobservatoriet                  | 950     | kr/stk |
| Diverse bygg, lakseobservatoriet                 | 800 000 | kr/stk |
| Nedsprengning, laksetrapp                        | 470     | kr/m   |
| RS, kabelkulvert, drenasje, kjørebrot etc.       | 3 815   | kr/m   |
| <b>Priser fra Norconsults</b>                    |         |        |
| Sprengning under vann                            | 700     | kr/m3  |
| Gitterrist                                       | 1500    | kr/m2  |
| Tilkjøring av masser (fangdam og tilbakefylling) | 250     | kr/m3  |
| Injeksjonskjerm                                  | 360 000 | Kr/stk |
| Forblending tørrmur                              | 4 500   | kr/m2  |
| Steinfilter trafo                                | 5 000   | kr/m3  |

## 9.4 Sammenligning av enhetspriser

Enhetsprisene er gitt av Sira Kvina og er basert på enhetspriser fra en totalentreprise. Det er derfor ikke klar sammenheng med enhetsprisens og prisens innhold, som for et kostnadsoverslag basert på enhetspriser for en hovedentreprise. Dette vil kunne ha betydning for usikkerheten i prisene. I dette kostnadsoverslaget er det ikke utført usikkerhetsanalyse eller lagt inn usikkerhet i prisene. Det

anbefales at usikkerhetene i prisene drøftes før beslutningsvedtak for å ta høyde for manglende detaljer og innhold i enhetsprisene fra totalentrepriseforespørselen.

I kostnadsoverslaget er det konsekvent valgt å legge inn enhetspriser fra Sira Kvina der disse foreligger. For å anskueliggjøre forskjellen til tilsvarende enhetspriser for hovedentreprisekontrakter er disse sammenlignet.

Tabell 4 Sammenligning enhetsprise

|  | Sira Kvina | Norconsults database | Enhet  |
|--|------------|----------------------|--------|
| Betongarbeider, priser                     |            |                      |        |
| Forskaling, portalbygg (søyler og bjelker) | 1 300      | 1 300                | kr/m2  |
| Betong, portalbygg (søyler og bjelker)     | 2 265      | 2 400                | kr/m3  |
|  |            |                      |        |
| Betong, kraftstasjon (gulv)                | 2 115      | 2 400                | kr/m3  |
| Forskaling, kraftstasjon (vegger)          | 1 140      | 1 300                | kr/m2  |
| Betong, kraftstasjon (vegger)              | 2 125      | 2 400                | kr/m3  |
| Betong, kraftstasjon (fundamenter)         | 2 250      | 2 400                | kr/m3  |
| Forskaling, kraftstasjon (fundamenter)     | 1 500      | 1 500                | kr/m2  |
| Betong, kraftstasjon (sugerør)             | 2 250      | 2 400                | kr/m3  |
| Forskaling, inntak                         | 1 605      | 1 300                | kr/m2  |
| Betong, inntak                             | 2 190      | 2 400                | kr/m3  |
| Forskaling, propp                          | 1 495      | 1 300                | kr/m2  |
| Betong, propp                              | 2 200      | 2 400                | kr/m3  |
| Armering, generelt                         | 19         | 19                   | kr/kg  |
| Betongelementer prefab.                    | 63 385     |                      | kr/stk |
| Snittpris Betong                           | 2 199      |                      | kr/m3  |
| Snittpris Forskaling                       | 1 408      |                      | kr/m2  |
| Byggegrep, kraftstasjon                    |            |                      |        |
| Sprengning                                 | 140        | 350                  | kr/m3  |
| Rensk og spyling                           | 230        |                      | kr/m2  |
| Fiberarmert sprøytebetong                  | 4 760      | 5 000                | kr/m3  |
| Fjellbolter                                | 2 115      | 1 500                | kr/stk |
| Rassikringsgjerde                          | 24 940     | 50 000               | kr/m   |
|  |            |                      |        |
| Tunnelarbeider                             |            |                      |        |
| Tunneldrift 13 m2                          | 14 330     | 16 000               | kr/m   |

|                                      |        |        |        |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| Tunneldrift 20-25 m2                 | 19 205 | 17 000 | kr/m   |
| Tunneldrift 30 m2                    | 20 000 | 18 000 | kr/m   |
| Fiberarmert sprøytebetong            | 5 605  | 5 000  | kr/m3  |
| Fjellbolter (mindre tverrsnitt)      | 885    | 1 000  | kr/stk |
| Fjellbolter (større tverrsnitt)      | 1 065  | 1 200  | kr/stk |
| Sedimenteringsbasseng                | 355    | 350    | kr/m3  |
| Rensk av veibane og spyling i tunnel | 260    | 130    | kr/m2  |
| Sprengningsarbeider i utløp          | 460    | 350    | kr/m3  |



## 9.5 Kostnadsoverslag

Kostnadsoverslaget viser et sammendrag på overordnet postnivå. For detaljert kostnadsberegning og oversikt vises det til Vedlegg 2 og Vedlegg 1

|   | Alternativ 2 generator<br>(NOK) | Alternativ 1 generator<br>(NOK) |
|---|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>Totalkostnad</b>                     | <b>114 954 000</b>              | <b>118 393 000</b>              |
| <b>Bygg og Anlegg</b>                   | <b>69 894 000</b>               | <b>74 333 000</b>               |
| Rigg og drift 24%                       | 13 528 000                      | 14 387 000                      |
| Detaljprosjektering                     | 5 600 000                       | 5 600 000                       |
| Dam                                     | 1 324 000                       | 1 324 000                       |
| Inntak                                  | 2 845 000                       | 2 845 000                       |
| Vannvei, kraftverk                      | 10 079 000                      | 11 510 000                      |
| Laksetrapp                              | 13 115 000                      | 13 115 000                      |
| Lakseobservatoriet                      | 2 228 000                       | 2 374 000                       |
| Kraftstasjon                            | 14 171 000                      | 15 647 000                      |
| Veier                                   | 3 635 000                       | 3 695 000                       |
| Annet                                   | 1 617 000                       | 1 617 000                       |
| Uspesifisert (bygg) 15%                 | 7 352 000                       | 7 819 000                       |
| <b>Mekanisk</b>                         | <b>28 360 000</b>               | <b>27 360 000</b>               |
| Inntak                                  | 2 200 000                       | 2 200 000                       |
| Utløp                                   | 160 000                         | 160 000                         |
| Elektromekanisk i kraftstasjonen        | 26 000 000                      | 25 000 000                      |
| <b>Tekniske fag</b>                     | <b>2 200 000</b>                | <b>2 200 000</b>                |
| <b>Elektroteknisk</b>                   | <b>8 000 000</b>                | <b>8 000 000</b>                |
| <b>Grunnerverv/erstatninger</b>         | <b>2 000 000</b>                | <b>2 000 000</b>                |
| <b>Miljø og avbøtende tiltak</b>        | <b>500 000</b>                  | <b>500 000</b>                  |
| <b>Byggherrekostnader ekskl. finans</b> | <b>4 000 000</b>                | <b>4 000 000</b>                |

---

## 10 Referanser

Knauss\_m\_flr. (1987). *Swirling flow problems at intakes.*

Multiconsult. (2014). *Ingeniørgeologisk Rapport-217330-RIGberg-RAP001\_rev00.*

Multiconsult. (2016). *Landskapsarkitektrappport-129738-NOT-LARK-001.*

Norconsult. (2016). *5167620-D02-Design basis.*

NVE. (2011). *Retningslinjer for stenge og tappeorgan 1-2011.*

## 11 Vedlegg

- Vedlegg 1 Kostnadssammendrag
- Vedlegg 2 Detaljert kostnadsberegning (Excel)
- Vedlegg 3 Tegninger

|  |                    |
|--|--------------------|
| <b>Rafoss Kraftverk</b>                          |                    |
| <b>Forprosjekt - Kostnadssammenstilling</b>      |                    |
| <b>Aternativ 1 generator</b>                     |                    |
| <b>Totalkostnad</b>                              | <b>118 393 000</b> |
| <b>Bygg og Anlegg</b>                            | 74 333 000         |
| <b>Rigg og drift 24%</b>                         | <b>14 387 000</b>  |
| <b>Detaljprosjektering</b>                       | <b>5 600 000</b>   |
| <b>Dam</b>                                       | <b>1 324 000</b>   |
| Fangdamarbeider ved utløpskanal kraftstasjon     | 580 000            |
| Fangdamarbeider ved inntak                       | 480 000            |
| Ombygging av dagens terskel                      | 264 000            |
| <b>Inntak</b>                                    | <b>2 845 000</b>   |
| Sprengningsarbeider                              | 1 293 000          |
| Betongarbeider                                   | 1 302 000          |
| Stålarbeider                                     | 250 000            |
| <b>Vannvei, kraftverk</b>                        | <b>11 510 000</b>  |
| Tilløpstunnel                                    | 5 855 000          |
| Propp  | 981 000            |
| Rørtunnel  | 1 543 000          |
| Innstøping av tilløpsrør                         | 1 608 000          |
| Avløpstunnel                                     | 1 523 000          |
| <b>Laksetrapp</b>                                | <b>13 115 000</b>  |
| Tunnel og spregningsarbeider                     | 8 466 000          |
| Betongarbeider                                   | 4 649 000          |
| <b>Lakseobservatorie</b>                         | <b>2 374 000</b>   |
| Sprengningsarbeider                              | 305 000            |
| Betongarbeider                                   | 901 000            |
| Bygning og innredning                            | 1 168 000          |
| <b>Kraftstasjon</b>                              | <b>15 647 000</b>  |
| Sprengning                                       | 457 000            |
| Sikring  | 3 186 000          |
| Betong   | 2 765 000          |
| Armering   | 2 866 000          |
| Forskaling                                       | 1 969 000          |
| Kabelkulverter, drenasje, sliss, etc.            | 700 000            |
| Tak  | 1 331 000          |
| Stålarbeider                                     | 132 000            |
| Bygningsmessig innredning, forblending etc       | 1 824 000          |
| Port, dører og vindu                             | 417 000            |
| <b>Veier</b>                                     | <b>3 695 000</b>   |
| Adkomstvei Rafoss                                | 1 904 000          |
| Adkomstvei Stegemoen                             | 1 538 000          |
| Adkomstvei Kraftstasjon (rampe)                  | 203 000            |
| Parkeringsplasser                                | 50 000             |
| <b>Annet</b>                                     | <b>1 617 000</b>   |
| Trfocelle med tilbygg for offentlig toalett      | 1 319 000          |
| Uteområde  | 298 000            |
| <b>Uspesifisert (bygg) 15%</b>                   | <b>7 819 000</b>   |
| <b>Mekanisk</b>                                  | <b>27 360 000</b>  |
| <b>Inntak</b>                                    | <b>2 200 000</b>   |
| Grindrensker                                     | 1 700 000          |
| Varegrind  | 500 000            |
| Bjelkestengsel inntak                            | 100 000            |
| <b>Utløp</b>                                     | <b>160 000</b>     |
| Bjelkestengsel utløp                             | 160 000            |
| <b>Elektromekanisk i kraftstasjon</b>            | <b>25 000 000</b>  |
| Pakkepris, turbin, generator, trafo, sugerør +++ | 26 000 000         |
| <b>Tekniske fag</b>                              | <b>2 200 000</b>   |
| <b>VVS</b>                                       | <b>600 000</b>     |
| <b>VA+Lavspent</b>                               | <b>1 300 000</b>   |
| <b>Brann</b>                                     | <b>300 000</b>     |
| <b>Elektroteknisk</b>                            | <b>8 000 000</b>   |
| Nettilknytning                                   | 8 000 000          |
| Uspesifisert (elektro)                           | 0                  |
| <b>Grunnerverv/erstatninger</b>                  | <b>2 000 000</b>   |
| <b>Miljø og avbøtende tiltak</b>                 | <b>500 000</b>     |
| Landskapsmessig utforming                        | 500 000            |
| <b>Byggherrekostnader ekskl. finans</b>          | <b>4 000 000</b>   |



|  |                    |
|--|--------------------|
| <b>Rafoss Kraftverk</b>                          |                    |
| <b>Forprosjekt - Kostnadssammenstilling</b>      |                    |
| <b>Aternativ 2 generatorer</b>                   |                    |
| <b>Totalkostnad</b>                              | <b>114 954 000</b> |
| <b>Bygg og Anlegg</b>                            | 69 894 000         |
| <b>Rigg og drift 24%</b>                         | <b>13 528 000</b>  |
| <b>Detaljprosjektering</b>                       | <b>5 600 000</b>   |
| <b>Dam</b>                                       | <b>1 324 000</b>   |
| Fangdamarbeider ved utløpskanal kraftstasjon     | 580 000            |
| Fangdamarbeider ved inntak                       | 480 000            |
| Ombygging av dagens terskel                      | 264 000            |
| <b>Inntak</b>                                    | <b>2 845 000</b>   |
| Sprengningsarbeider                              | 1 293 000          |
| Betongarbeider                                   | 1 302 000          |
| Stålarbeider                                     | 250 000            |
| <b>Vannvei, kraftverk</b>                        | <b>10 079 000</b>  |
| Tilløpstunnel                                    | 5 855 000          |
| Propp  | 736 000            |
| Rørtunnel  | 1 015 000          |
| Innstøping av tilløpsrør                         | 1 365 000          |
| Avløpstunnel                                     | 1 108 000          |
| <b>Laksetrapp</b>                                | <b>13 115 000</b>  |
| Tunnel og spregningsarbeider                     | 8 466 000          |
| Betongarbeider                                   | 4 649 000          |
| <b>Lakseobservatorie</b>                         | <b>2 228 000</b>   |
| Sprengningsarbeider                              | 182 000            |
| Betongarbeider                                   | 901 000            |
| Bygning og innredning                            | 1 145 000          |
| <b>Kraftstasjon</b>                              | <b>14 171 000</b>  |
| Sprengning                                       | 307 000            |
| Sikring  | 3 054 000          |
| Betong   | 2 317 000          |
| Armering   | 2 401 000          |
| Forskaling                                       | 1 738 000          |
| Kabelkulverter, drenasje, sliss, etc.            | 650 000            |
| Tak  | 1 331 000          |
| Stålarbeider                                     | 132 000            |
| Bygningsmessig innredning, forblending etc       | 1 824 000          |
| Port, dører og vindu                             | 417 000            |
| <b>Veier</b>                                     | <b>3 635 000</b>   |
| Adkomstvei Rafoss                                | 1 858 000          |
| Adkomstvei Stegemoen                             | 1 538 000          |
| Adkomstvei Kraftstasjon (rampe)                  | 189 000            |
| Parkeringsplasser                                | 50 000             |
| <b>Annet</b>                                     | <b>1 617 000</b>   |
| Trfocelle med tilbygg for offentlig toalett      | 1 319 000          |
| Uteområde  | 298 000            |
| <b>Uspesifisert (bygg) 15%</b>                   | <b>7 352 000</b>   |
| <b>Mekanisk</b>                                  | <b>28 360 000</b>  |
| <b>Inntak</b>                                    | <b>2 200 000</b>   |
| Grindrensker                                     | 1 700 000          |
| Varegrind  | 500 000            |
| Bjelkestengsel inntak                            | 100 000            |
| <b>Utløp</b>                                     | <b>160 000</b>     |
| Bjelkestengsel utløp                             | 160 000            |
| <b>Elektromekanisk i kraftstasjon</b>            | <b>26 000 000</b>  |
| Pakkepris, turbin, generator, trafo, sugerør +++ | 26 000 000         |
| <b>Tekniske fag</b>                              | <b>2 200 000</b>   |
| <b>VVS</b>                                       | <b>600 000</b>     |
| <b>VA+Lavspent</b>                               | <b>1 300 000</b>   |
| <b>Brann</b>                                     | <b>300 000</b>     |
| <b>Elektroteknisk</b>                            | <b>8 000 000</b>   |
| Nettilknytning                                   | 8 000 000          |
| Uspesifisert (elektro)                           | 0                  |
| <b>Grunnerverv/erstatninger</b>                  | <b>2 000 000</b>   |
| <b>Miljø og avbøtende tiltak</b>                 | <b>500 000</b>     |
| Landskapsmessig utforming                        | 500 000            |
| <b>Byggherrekostnader ekskl. finans</b>          | <b>4 000 000</b>   |