

## NOTAT

OPPDRAAG	<b>Nedre Skålavatnet</b>	DOKUMENTKODE	10248303-RIEn-NOT-001 v1
EMNE	Vurdering av damsted	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	<b>Norsk Hydro</b>	OPPDRAAGSLEDER	Stig Arne Strokkenes
KONTAKTPERSON	Knut Stokkenes	SAKSBEHANDLER	Stig Arne Strokkenes
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10105060

## SAMMENDRAG

Mulig damsted for en dam ved Nedre Skålavatn er befart og det er identifisert en mulig damakse som vil være passende for en enkel gravitasjonsdam av betong. Det er gjort overslagsberegninger av volum for en slik dam for forskjellige overløpshøyder. Volum av magasin er beregnet tilsvarende og det er anslått hvor mye som kan tappes eller hvor lengde det kan tappes ut fra visse forutsetninger.

Forskjellige hensyn som må tas av hensyn til flomavledning og turistrute over damstedet i framtida er også pekt på.

## 1 Bakgrunn

Multiconsult er bedt om å foreta en innledende vurdering av hvorvidt det er mulig å etablere en helt ny dam ved Nedre Skålavatnet i Luster. Nedre Skålavatnet ligger umiddelbart nedstrøms dam Skålavatnet, som er regulerings- og inntaksdam for Herva kraftverk.

Hensikten med den påtenkte dammen er å etablere et magasin for å kunne slippe en regulert minstevannføring ved å holde tilbake vann som ellers ville renne uregulert forbi damstedet. Det er ikke gjort noen vurdering av hvor stort lokalt eget nedbørfelt som Nedre Skålavatnet har. Dette er en idéstudie, og det er gjort noen foreløpige beregninger av hvor stort magasinivolum som kan skaffes ved forskjellige oppdemninger, og i så fall hvilken minstevannføring som i så fall skal slippes.

Det er gjort volumberegninger for en enkel gravitasjonsdam for å se omfanget av tiltak for forskjellige magasineringsnivået.

## 2 Befaring og første inntrykk

Befaringen av damstedet ble gjort av senior damingeniør, sivilingeniør Stig Arne Strokkenes fra Multiconsult og Jan-Idar Øygard fra Hydro, Skagen kraftverk.

Befaringen ble gjort 14. november 2022, en dag med klarvær og sol, temperatur ca. 7 grader ved begynnelsen av befaringen og vindstille og barmark.

Vannføring ut fra Nedre Skålavatn var såpass liten at det gikk an å hoppe seg over elva (eller bekken) ut fra Nedre Skålavatn via grunne steiner. Dette synes å være samme sti-trasé som er vist på kart.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
1	15.2.2023	Lagt inn forbedret damtrasé, volumer og kostnader, tappekapasitet	S.A. Strokkenes / Marianne Aske	-	S.A. Strokkenes
0	18.12.2022	For oppdragsgivers kommentar	S.A. Strokkenes	-	S.A. Strokkenes

## 2.1 Damstedet og berggrunn

Beste potensielle damsted er åpenbart ved ei gangbru over elva nedstrøms Nedre Skålavatn, som identifisert av Hydros medarbeidere på forhånd. Plasseringen lokalt går fram av flyfoto og kartutsnittene nedenfor. Kartene er skyggerelieff, på det første ses til høyre vestre del av Nedre Skålavatn, man ser kraftledningen som krysser Nedre Skålavatn, og man ser (så vidt) markerte gangbrua som turistforeningen har over elva. Gangbrua ses bedre på utsnittet som er blåst opp i bedre målestokk på skyggekart nr. 2 nedenfor.

Damstedet er veiløst, og det er delvis ganske bratt for å komme seg ned til Nedre Skålavatn fra dammene ved Skålavatnet. Å bygge kjørbær atkomst til Nedre Skålavatnet vil kreve en god del inngrep, selv om avstanden fra Skålavatnet-dammene til damstedet kun er i størrelsesorden ca. 900 m. Fra parkeringsplass ved inntaket til Herva kraftverk er avstanden ca. 1800 m.

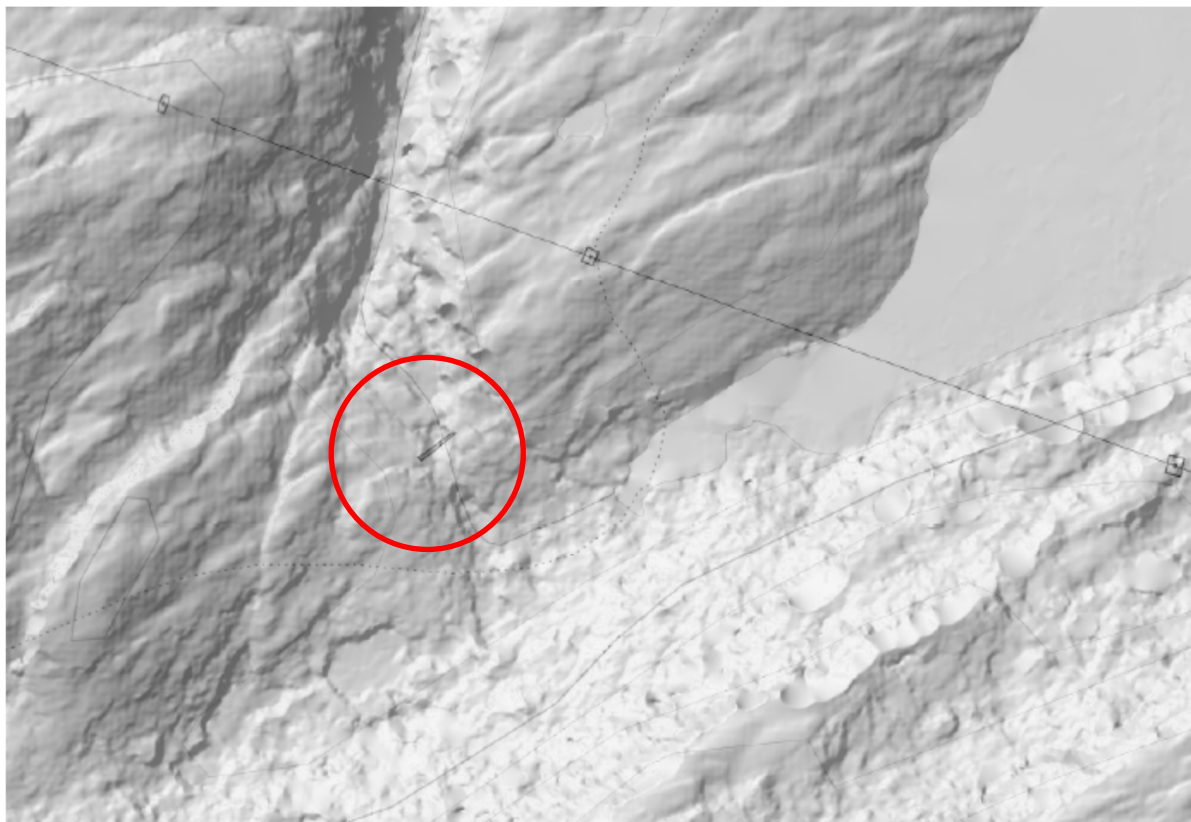
Ved helikopterdrift vil løftehøyden fra parkeringsplassen være kun i størrelsesorden ca. 10 m.



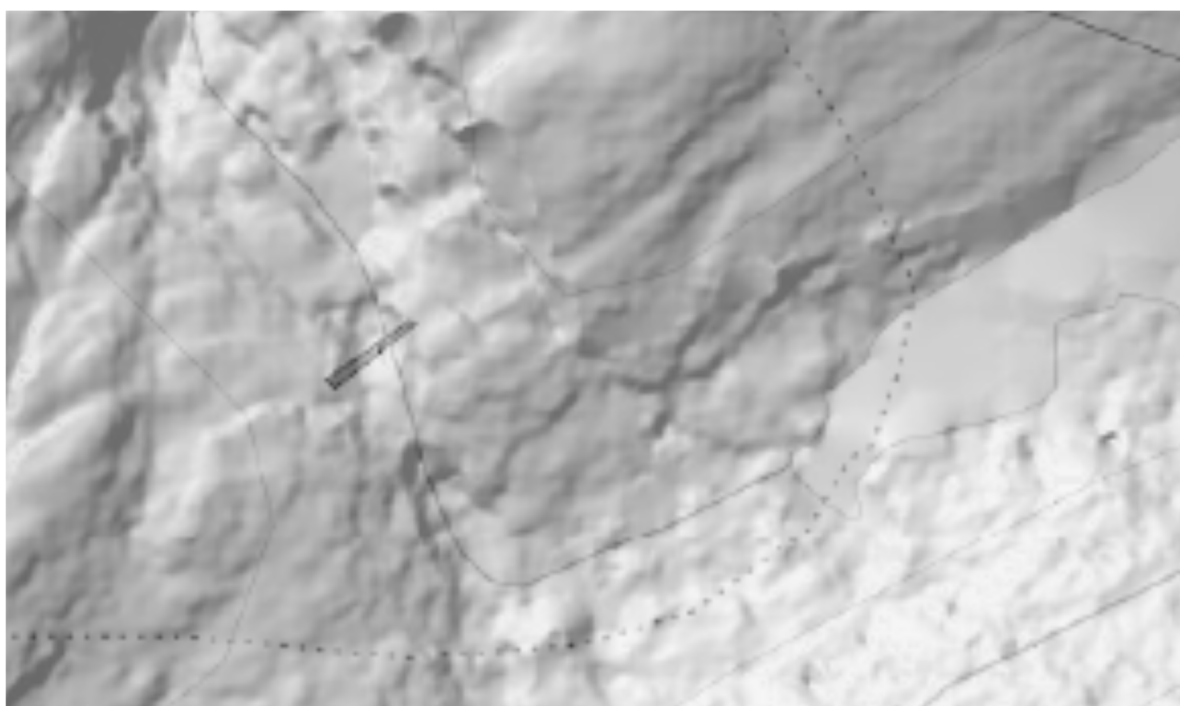
*Figur 1 Flyfoto, Nedre Skålavatnet og mulig damsted, fotbru for turistrute*

Bergarten i området er for det meste fyllitt med en del kvartsittformasjoner synlig i området. På damstedet og i umiddelbar nærhet er det bare fyllitt. Foliasjonen varierer noe, men stort sett er strøket som vist på NGUs kart, dvs. strøk ca. N-Ø og med fall ca. 50 grader.

Berggrunnskartet viser ingen svakhetssoner på damstedet eller i nærheten, men det observeres at Nedre Skålavatnets søndre bredd følger en bratt skråning (eskarpment, stup) som fortsetter i samme retning (mot sørvest) nedenfor utløpet av vatnet, mens elva (som ved befaringen heller kan karakteriseres som en bekk) nedstrøms utløpet snur etter ca. 40 m i 90 grader mot høyre (nord, eller opp på figurene ovenfor) hvor den renner gjennom et smalt gjel eller kløft, ca. 3 m bred i bunnen og ca. 10 m på toppen. Dette gjelet er ca. 7 m dypt.



Figur 2 Skyggekart over vestre del av Nedre Skålavatn (markert med sirkel)



Figur 3 Skyggekartet blåst opp for å vise gangbrua over elva

Vår vurdering er at dette gjelet er ei svakhetssone med tilnærmet vertikal oppsprekking. Sprekkeavstanden varierer fra noen få centimeter til flere desimeter, men var noe vanskelig å sjekke nøyaktig pga. vannføring og løsmasser. På det smaleste stedet (ca. under gangbrua) lå det mye småstein, her ser det ut som om dette også er forvitrede masser (frostsprenget stein) som har falt ned, men ennå ikke skylt bort av flom.



Parallelt for dette gjelet, ca. 15 – 20 m mot Nedre Skålavatn, er det et ca. 1 – 1,5 m bred sprekk som er fylt opp av nedfalte masser. Også dette antas være en svakhetszone med relativt intakt fjell mellom sprekkene.

Nedenstående bilde viser dette sett fra forskjellige vinkler:



*Figur 4 Gangbru på foreslått damsted, Nedre Skålavatn i bakgrunnen*



*Figur 5 Gjel under gangbru, vertikal skråning venstre side på bildet, bratt og deretter avslakende skråning på høyre side. Merk utoverhengende fjell på venstre side i forkant. Mulig fortsettelse av svakhetssona ses i fjellet i bakgrunnen*





Figur 6 Damsted sett fra oppstrøms side



Figur 7 Parallell sprekk ca. 1 - 1,5 m bred parallelt med elveløpet, fylt med løsmasser og murt opp passasje for turiststien



I fortsettelsen av Nedre Skålavatnets lengdeakse ser det ut som om fjellet hever seg, men pga. de nedraste urmæssene er det umulig å bekrefte hvor høyt en tett terskel ligger. Terrenget – med løsmasser – ligger på over 1000 meter ifølge kart, dvs. mer enn 30 m høyere enn Nedre Skålavatn normalvannstand.



Figur 8 Urmasser ligger over passpunktet nedenfor Nedre Skålavatn

## 2.2 Vurdering av egnethet

Bæreevnen og tettheten til fjellet lokalt er svært god. Svakhetssonene er en usikkerhet, men berget er ofte ganske tett til tross for at tilsynelatende mye erosjon i overflaten kan gi inntrykk av meget oppsprukket fjell.

Damstedet vil være godt egnet for en betong gravitasjonsdam.

Fjellet renses før støp av betongdam. Mesteparten av fjellet i damstedet er godt eksponert og trenger kun å rengjøres, men svakhetssonene må graves ned til faste masser eller fast fjell. En gravitasjonsdam i betong med et bredt fotavtrykk (fundament) vil gi en god overflate å injisere mot dersom det oppdages lekkasjer ved prøveboring (som foretas i anleggsperioden). Om nødvendig anlegges en betonggrøft mot oppstrøms side for å redusere gradienten under dammen.

Alternativt kan det vurderes å bygge en tynnere betongdam, enten som platedam eller hvelvdam. Dette gir mindre betongmengder, men mer arbeid med tilpasning og rensk av vederlag og større krav til tetning i damfoten. I tillegg mer armerings- og forskalingsarbeid. En kombinasjonsløsning, hvor kløfta «plugges igjen» med en mer tilpasset betongkonstruksjon, muligens et betonghvelv eller en armert vegg som kan overføre krefter direkte inn i vederlagene.

Et lengdeprofil som krysser før omtalte kløft langs gangbru-akse viser bredde i topp ca. 10 m og høyde fra sidene ned til elvebunnen ca. 5 m, mens det på stedet ble målt knappe 10 m bredde i topp og omtrent 7 m ned fra «platået» til elvebunnen.

Siden anlegget er veiløst, vil kostnadene i stor grad avhenge av kostnadene til helikopterdrift. Fordelene ved en i praksis uarmert betong gravitasjonsdam er at det er minimalt med arbeid, her tenkes at man nøyer seg med å legge overflatearmoring på oppstrøms side for å redusere opprissingsgraden ved herding.

Ifølge kartene ser det ut som om det vil være nødvendige med en eller to sperredammer på nordsida av Nedre Skålavatn hvis vannstanden heves mer enn ca. 10 m. Disse stedene ble ikke befart, men enkle betongdammer av moderat høyde antas å være mulig å etablere.



## 2.3 Damtrasé

Ifølge Kartverket (høydedata.no) varierer vannstanden i Nedre Skålavatnet, men ligger rundt ca. 970, vi har valgt å bruke k. 970 som normalvannstand. Ved å ta ut data fra høydedata.no er det funnet en sammenheng mellom oppdemningshøyde fra normalvannstanden (k. 970) og oppdemt volum. Dette presenteres i Tabell 1 kap. 2.5.

Etter befaring i terrenget og terrengdata lastet ned fra høydedata.no peker en naturlig damtrasé seg ut. Denne krysser den dype kløfta ved utløpet av vannet ved dagens hengebru og fortsetter nordøstover i retning toppen hvor det står ei høyspentmast, ca. 80 m fra hengebrua. Høyspentmasta står på omtrent k. 985-986. Denne dammen kaller vi **dam 1** – område vist med rød ring på Figur 9.

Derfra følger traséen omtrent turstien langsetter høydekammen videre mot nordøst, først stigende til høyeste punkt ca. k. 989 og deretter nedover og krysser en forsenking som går omtrent på tvers av damaksen. Dalpunktet der ligger på ca. k. 981-982 hvoretter terrenget stiger oppover, etter hvert til ca. k. 999-1000.

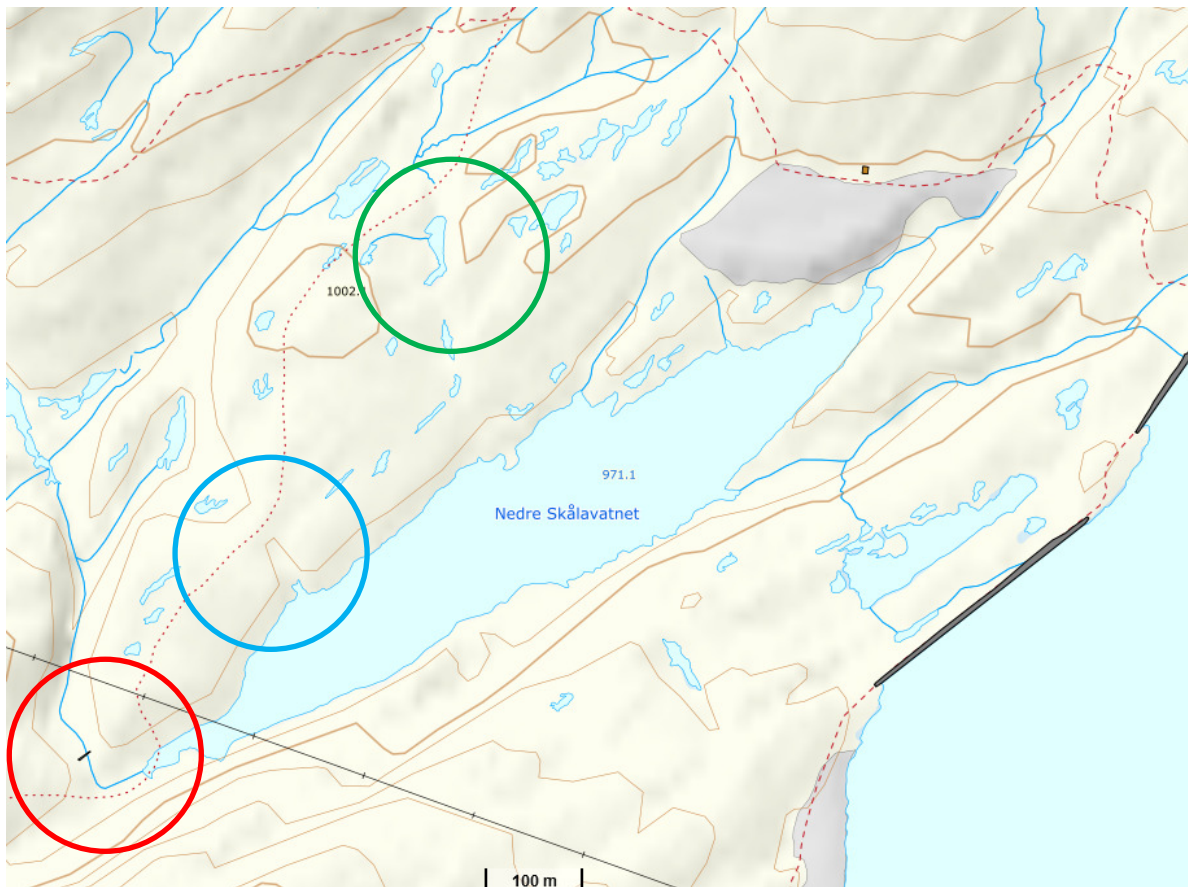
Forbi dette punktet, ved å følge turstien videre, er det et lite lavbrekk som ifølge kartet har dalpunkt på ca. k. 991-992.

Ved en større oppdemming enn ca. k. 981-982, må det bygges en sperredam (kalt **dam 2**) i tillegg til dammen i naturlig utløp (dam 1). Ved en oppdemning til ca. k. 989 går disse dammer sammen til én sammenhengende dam. Dam 2 er illustrert med blå ring på Figur 9.

Dersom det skal demmes opp til ca. k. 990, må det også en dam til i lavbrekket lenger mot nordøst. Denne kalles **dam 3** og er illustrert med grønn ring på Figur 9.

Merk at det må tas hensyn til flomvannstigningen (se 2.4). Sperredammer og brystninger må føres opp til et nivå som ikke overtoppes ved dimensjonerende flom hvis avrenning utenom naturlig utløp skal unngås.

Hvis passpunktene ved sperredammene ligger over valgt HRV, vil sperredammene kunne reduseres til en enkel vertikal betongmur, typisk 300 mm tykk og boltet til fjell, da de ikke trenger å dimensjoneres for istrykk. Det samme gjelder dam 1 hvor vangene enten må heves til over dimensjonerende flomvannstand eller vannføring i terreng aksepteres. Ved godt fjell ser vi ingen grunn til ikke å akseptere dette.



Figur 9 Orientering av foreslåtte dammer ved Nedre Skålavatn: Dam 1 – rød ring; dam 2 – blå ring; dam 3 – grønn ring. Eksisterende dammer ved Skålavatnet til høyre i bildet

## 2.4 Flomavledning

Skålavatnet har en beregnet flom på  $189 \text{ m}^3/\text{s}$ , dette er ubetydelig mindre enn tilløpsflommen, som er på  $191 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nedre Skålavatnet vil da ha større tilløpsflom.

En flomavledning i denne størrelsesorden vil gi betydelige utfordringer. Skulle man oppleve en slik flom, vil flommen sannsynligvis fylle hele elvegjelet.

En betong gravitasjonsdam vil være best egnet til å tåle en slik flom, og den kan utformes slik at hele dammen (om nødvendig) overtoppes. Flommen vil også kunne avledes over terrenget, da det ikke er fare for at dette skal erodere. Dette er imidlertid formelt sett et avvik fra damsikkerhetsforskriften som NVE må godkjenne.

I praksis vil man ønske å lede vanlig forekommende flommer (f.eks. inntil ti-års-flom) over et eget dedikert flomløp, deretter en avtrapping som tar mest mulig av rest-flommen inntil denne også overtoppes og resten av flommen går over terreng.

Det er antatt utførelse som betong gravitasjonsdam med kronebredde 1,3 m, oppstrøms helning 10:1 og nedstrøms helning 1:1. Damkrona legges på HRV og brystning utenom flomløpet sørger for at overtopping ikke skjer ved flom.

Magasinkurve er satt opp basert på laserskann. Det er regnet volum mellom normalvannstand (ca. k. 970) og ny HRV (= høyde overløpsterskel på dam). *Damvolum er basert på betong gravitasjonsdam til HRV. Volum brystninger / fortsettelse i vederlag kommer i tillegg.*

Dam 1 er i dagens utløp, dam 2 ligger i skaret ca. 300 m nordøst for utløpet og dam 3 er kun en sperredam over HRV for flomvannstigning hvis det høyeste oppdemningsnivået velges.



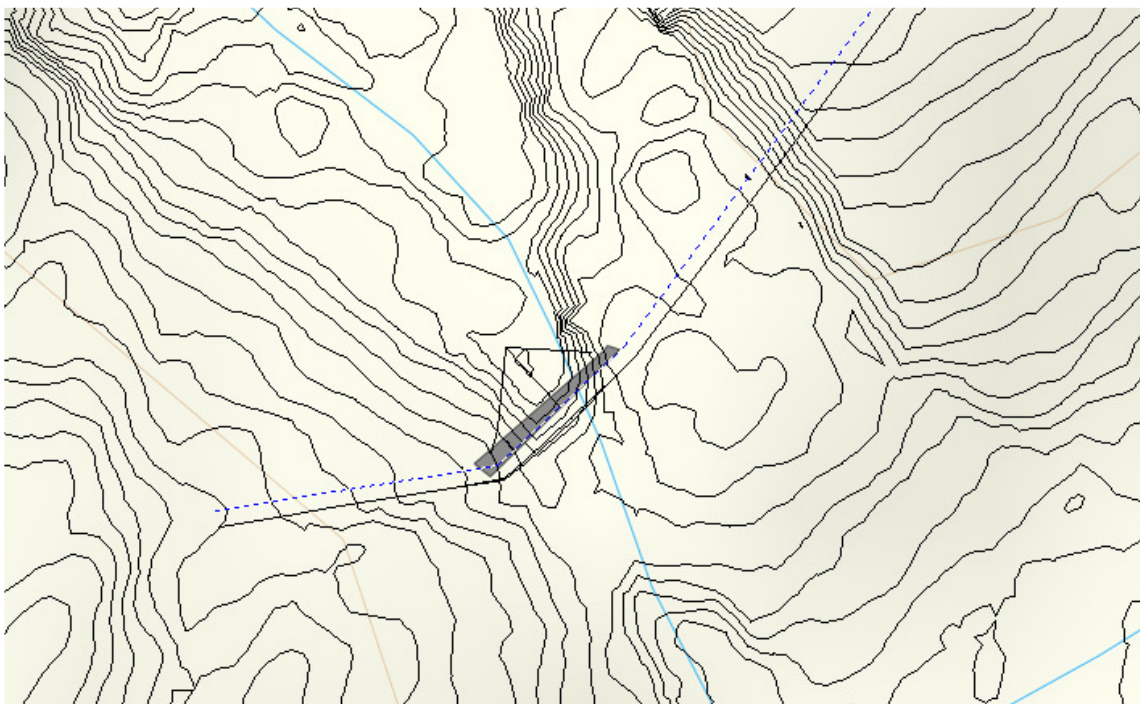
Tabell 1 Hovedtall oppdemming

Vannstand HRV [moh]	Heving [m]	Magasinvolum [1000 m <sup>3</sup> ]	Volum dam 1 [m <sup>3</sup> ]	Volum dam 2 [m <sup>3</sup> ]	Volum dam 3 [m <sup>3</sup> ]	Totalt damvolum [m <sup>3</sup> ]
970	0	-	-	-	-	-
975	5	465	159	-	-	-
980	10	1.189	960	-	-	960
985	15	2.175	4.038	1.233	-	5.272
990	20	3.362	16.908		15	16.923

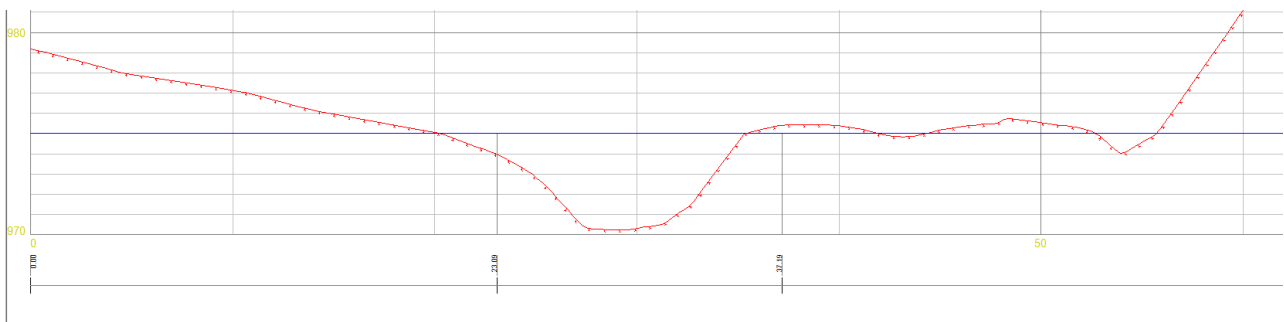
I underkapitlene nedenunder er det vist forslag til traséer og lengdesnitt av dammene som ligger til grunn for tallene i Tabell 1. Blå strek markerer HRV (= valgt oppdemningsnivå). Vanger over HRV og sperringer inn over vederlagene er ikke vist. Merk at målestokken varierer på kartillustrasjonene. Vertikal skala er 1 m og horisontal skala er 10 m på lengdeprofilene:

#### 2.4.1 Magasinnivå 975 moh

Dammen (dam 1) foreslås plassert ca. i traséen for dagens sti / hengebru. Den vil få en lengde på drøyt 15 m over gjelet hengebrua passerer, men vil også strekke seg litt videre (ca. 20 m) inn over platået mot nordøst og krysse den lille kløfta og lave partier der:

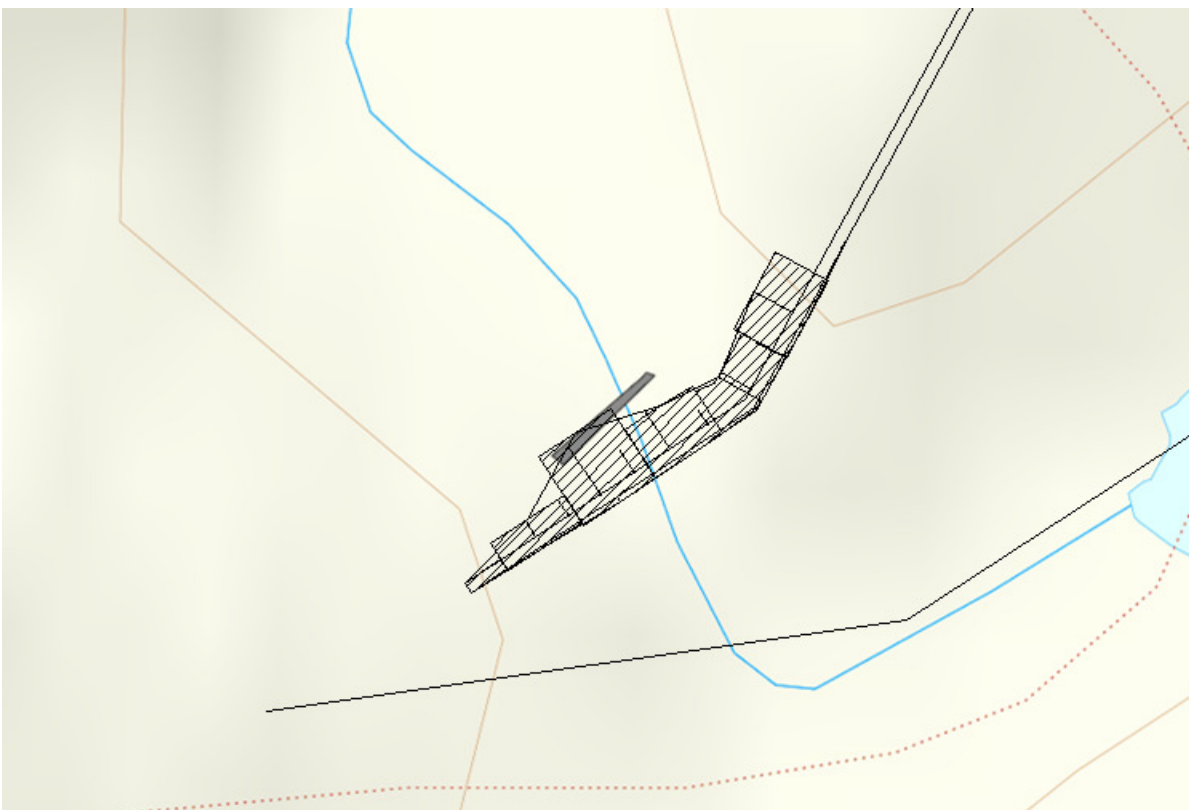


Lengdeprofil:

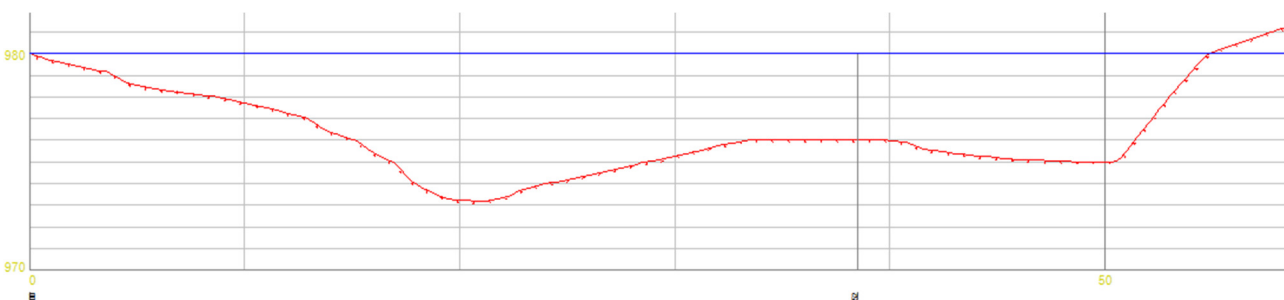


### 2.4.2 Magasinnivå 980 moh

Dam 1 dras litt oppstrøms i forhold til hengebrua for ikke å få for mye utslag mot nedstrøms side. Mot nordøst sikter den seg i retning mot høyspentmasta og den får en kronelengde på ca. 55 m:



Lengdeprofil:



### 2.4.3 Magasinnivå 985 moh

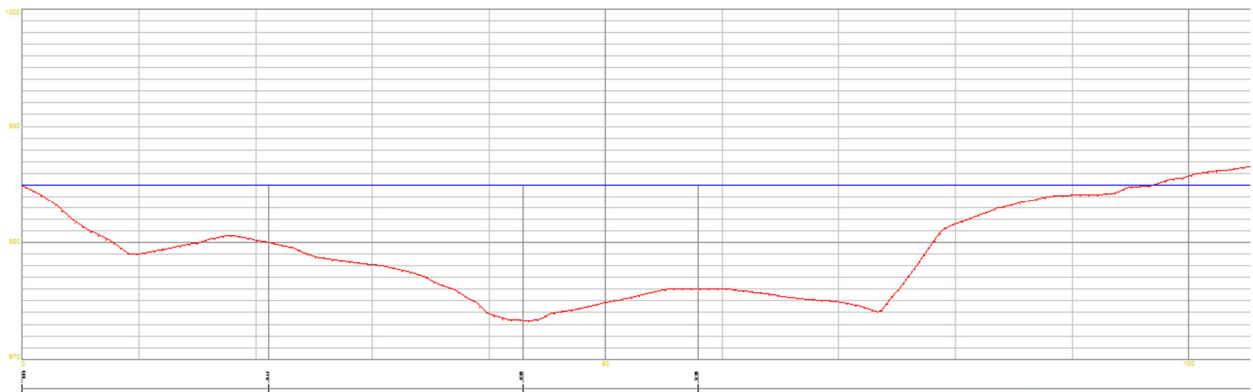
Dam 1 får en kronelengde på ca. 97 m og dam 2 ca. 80 m. Vederlag / brystning spesielt mot nordøst kan se ut til å måtte forlenges ca. 25 – 30 m ut over den egentlige dam, se illustrasjonene nedenfor:



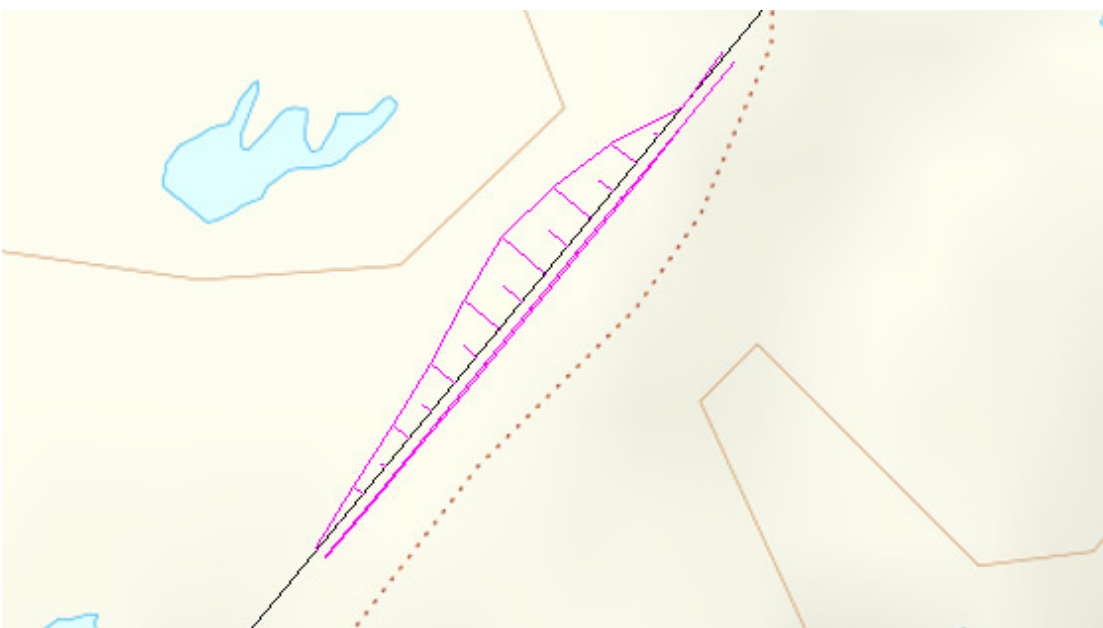
Kartskisse, dam 1:



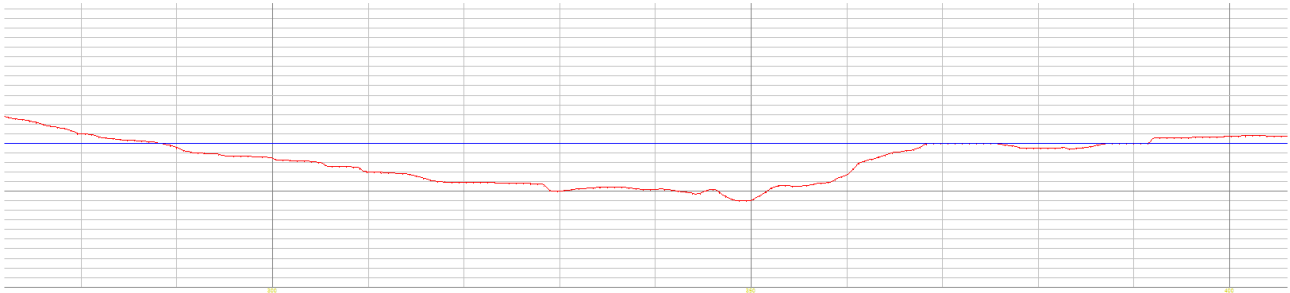
Lengdeprofil, dam 1:



Kartskisse, dam 2:



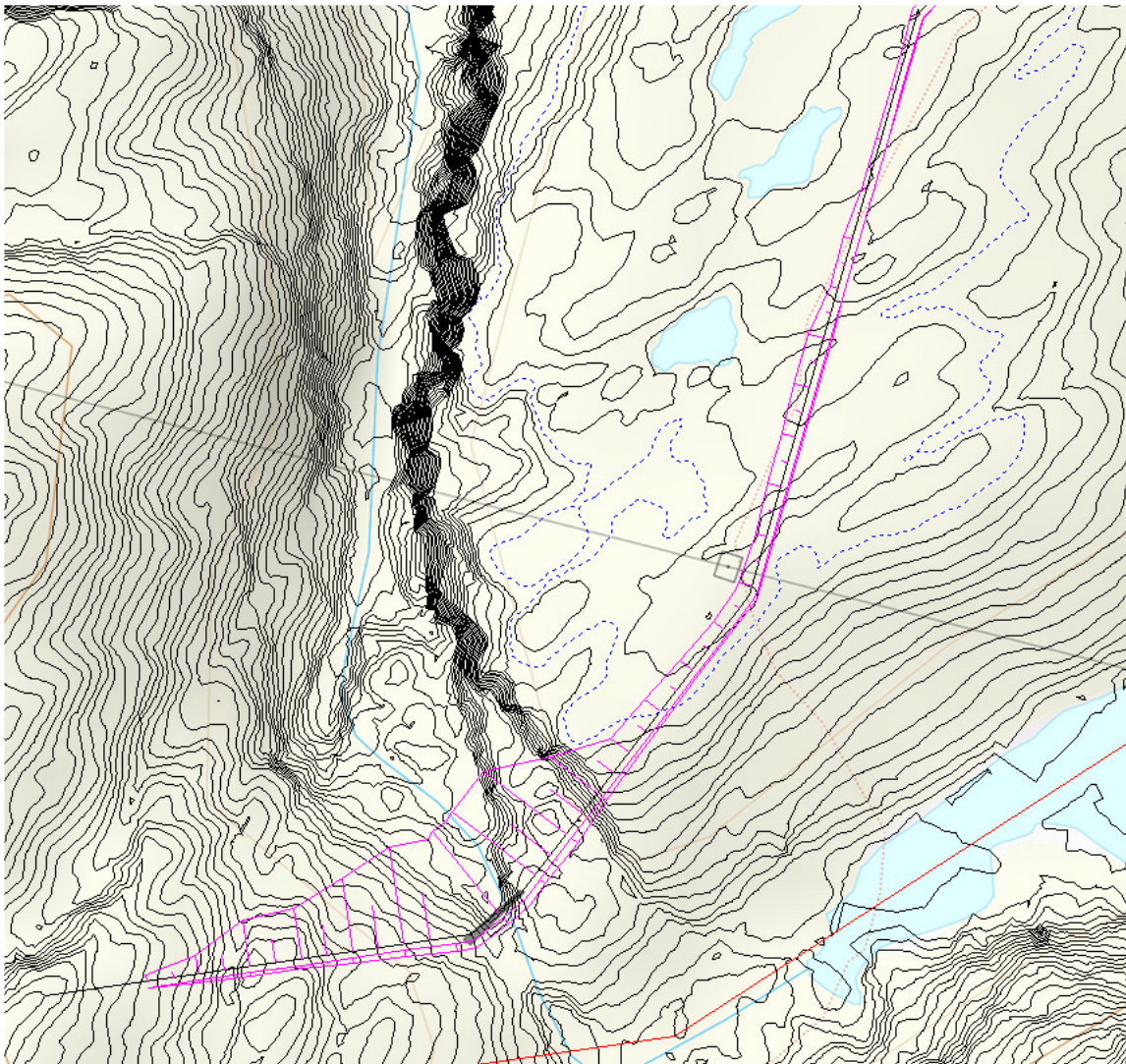
Lengdeprofil, dam 2:



#### 2.4.4 Magasinnivå 990 moh

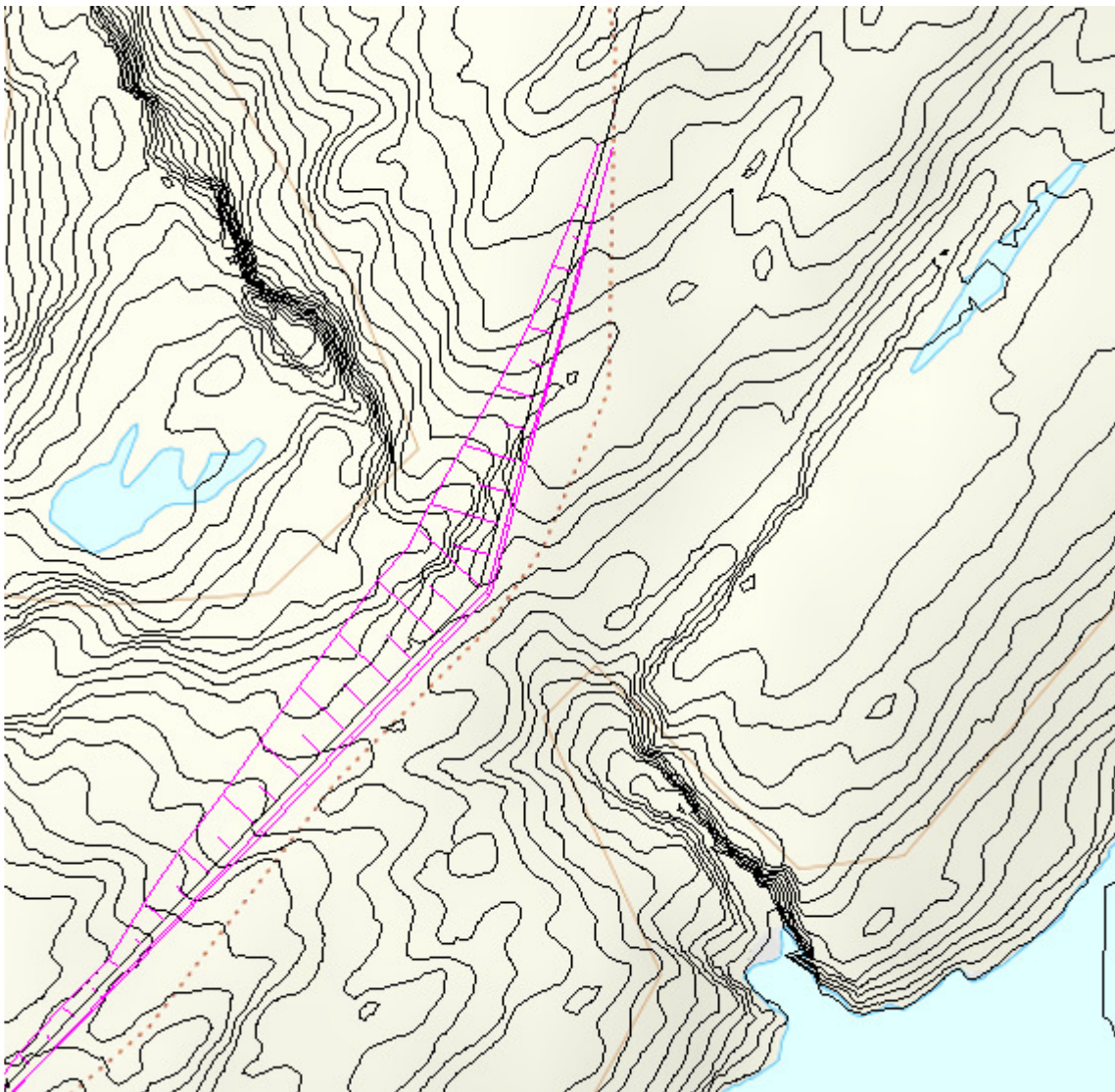
Dam 1 og dam 2 går sammen når oppdemningsnivået overstiger ca. k. 989. For enkelhets skyld setter vi her skillet mellom dam 1 og dam 2 ved knekkpunktet øverst i kartskissen dam 1 nedenunder. Lengdene blir henholdsvis ca. 240 + 190 m, mens dam 3 kun en lav ca. 15 m lang sperredam.

Kartskisse, dam 1:

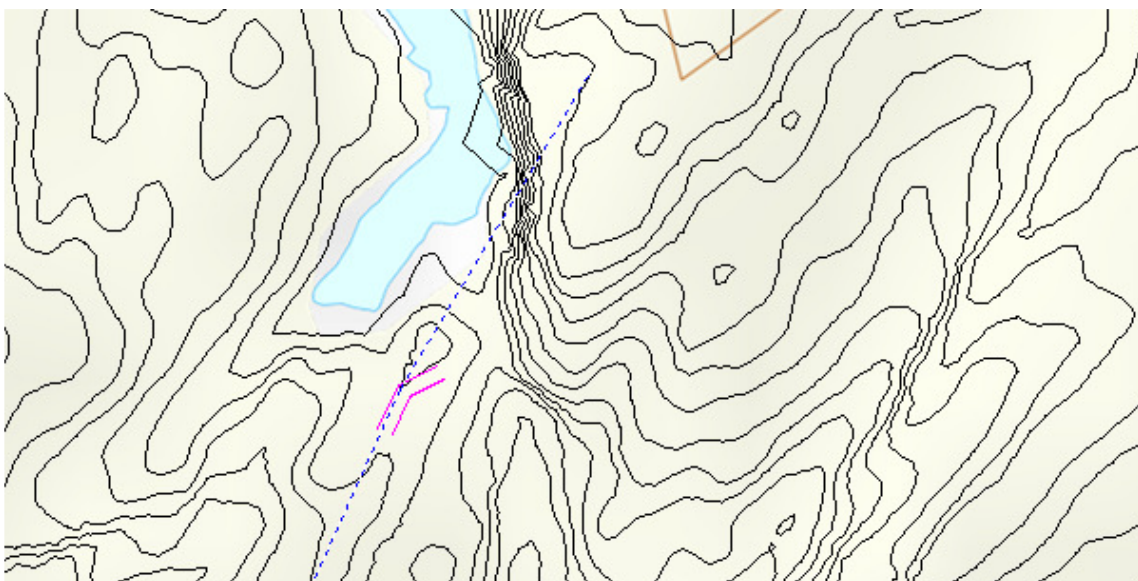




Kartskisse, dam 2:

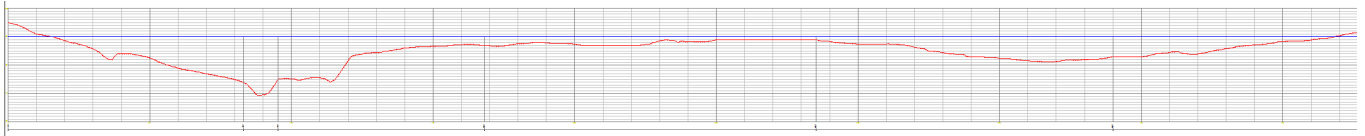


Kartskisse, dam 3:

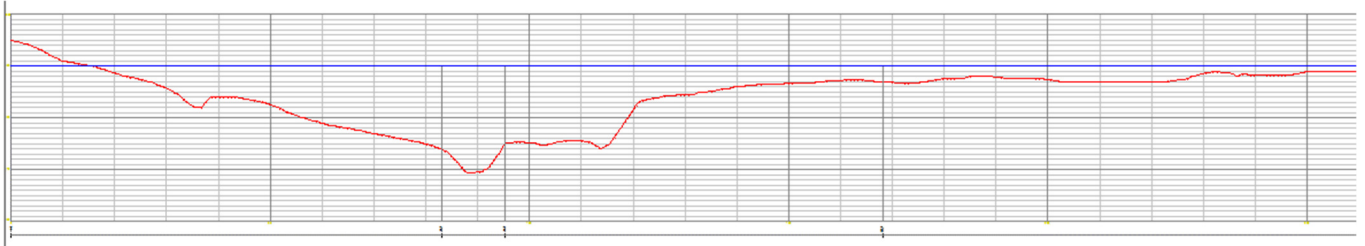




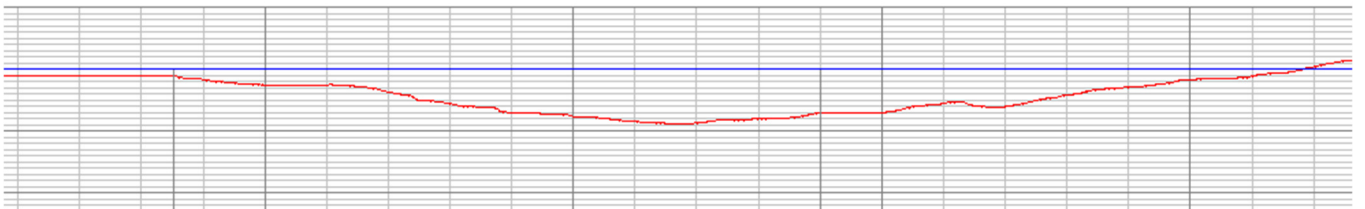
Lengdeprofil, dam 1 (mot venstre) og dam 2 (mot høyre):



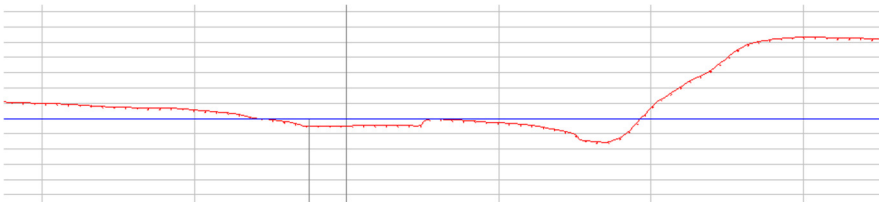
Lengdeprofil, dam 1, blåst opp:



Lengdeprofil, dam 2, blåst opp:



Lengdeprofil, dam 3:



## 2.5 Tapping fra dammen

Alle dammer som ikke kan tørrlegges på annen måte, skal utstyres med manøvrerbart bunntappeløp. For Nedre Skålavatnet antas at tapping gjennom  $\varnothing 300$  mm rør gjennom dammen vil være tilstrekkelig, også for minstevannføring.

Et slikt rør legges helst med ventil på oppstrøms side (for å unngå frost), men det kan også legges på nedstrøms side eller i en brønn i selve damkroppen. For manøvrering må det anordnes et system, f.eks. manuelt med spindel ned til ventil, men det kan også være hydraulisk. Man må også tenke på hvordan atkomsten til betjeningen skal være – både under flom og under vinterforhold (snø). Detaljering av dette ligger utenfor dette notatets oppgave.

Det er gjort en øvelse for å se på mye vann som kan tappes som «minstevannføring» avhengig av magasinert volum. Dette er en meget forenklet øvelse hvor man forutsetter at magasinet er fullt ved oppstart tapping og at det ikke er hverken lokalt tilsig til Nedre Skålavatn eller tapping eller overløp fra Skålavatnet. Det er sett på hvor lenge det vil ta å tømme et slikt magasin ved forskjellige konstante intensiteter ut fra Nedre Skålavatnet, alternativt hvor mye som kan tappes over en periode over et år (12 måneder) uten noe tilsig til magasinet i mellomtida. Verdiene 100 eller 300 l/s er ikke å oppfatte som noen vurdering av hva tappekapasiteten bør være:

Tabell 2 Mulig tappetid kontra -kapasitet

Vannstand HRV [moh]	Magasinvolum [1000 m <sup>3</sup> ]	Tapping konstant [l/s]	Varighet - tapping 100 l/s [mnd]	Varighet - tapping 300 l/s [mnd]
970	-	-	-	-
975	465	15	1,8	0,6
980	1.189	38	4,5	1,5
985	2.130	67	8,0	2,7
990	3.365	106	>12	4,2

## 2.6 Kostnader

Usikkerheten i kostnader for en ny dam ligger først og fremst i hvordan entreprenørene vil vurdere vanskelighetsgraden ved veiløs atkomst, prisen på betong levert på plassen, og generell prisstigning i samfunnet og anleggsbransjen framover.

Det ligger utenfor oppdraget å kalkulere priser på dammene, men vi antar at 2023-priser på betong vil ligge på ca. 3.500 kr/m<sup>3</sup> før stedlig tillegg. Siden betong er den største kostnadsposten ved foreslått løsning, så går det an å få en meget grov magefølelse av hva tiltaket vil koste, avhengig av oppdemningshøyden som velges.

I tillegg kommer kostnader til tappeanordning, skjønnsmessig antatt ca. 2-300.000 kroner, og videre omlegging av tursti (hengebru). Det foreslås en avsetning på ca. 5-600.000 kroner, men også dette er meget skjønnsmessig.

*Det understrekes at disse prisene er meget usikre og ikke bør danne grunnlaget for budsjettering og beslutning om igangsetting av prosjektet. Derimot kan prisene danne grunnlag for å definere et forprosjekt eller idéstudie hvor dimensjoner og omfang er definert og kostnader beregnes ut fra mer detaljerte priselementer og lokal kunnskap om prisnivå. Her nevnes spesielt at tiltakene som skal foretas på Skålavatnet vil gi god erfaring med lokalt prisnivå og muligheten for å levere store mengder til akseptabel pris.*

## 3 Andre forhold

### 3.1 Turistrute og bru

Dagens turistrute føres i bru over elva. Som vist på bildene ovenfor, plukkes brudekket ned for vinteren, noe som tyder på at snøen kan utgjøre et betydelig problem lokalt vinterstid. På kartet vises imidlertid en gangrute som krysser elva noe nedstrøms Nedre Skålavatnets utløp, det var denne som ble fulgt ved befaringen. Imidlertid synes denne kryssingen lite egnet dersom det er noe vannføring av omfang ut fra Nedre Skålavatnet.

Dersom turistruta skal opprettholdes, må det gjøres tiltak. (Det synes ikke enkelt å legge om stien lokalt.)

Ved en lav dam – oppdemning kanskje opptil 7 – 8 m, kan dagens bru i prinsippet opprettholdes, selv om den vil være svært utsatt selv ved mindre flommer. En elegant løsning vil være å utstyre dagens dam med landkar hvor brutårn plasseres og gangbrua henges opp så høyt at den ikke kommer i konflikt med «vanlig forekommende» flommer. Ved større flommer fra Skålavatnet vil selvfølgelig hengebrua uansett bli berørt.

Ved en større oppdemning bør det vurderes enten:

- Flytting av gangbru lenger nedstrøms, dette vil bety noe lenger og dermed dyrere bru, se nedenstående bilde, eller:



- Gangbru beholdes over den korte delen av flomløpet og det lages trapp slik at fotturistene kan gå opp og ned fra brua fra nedstrøms side. (Mange steder vandrer turistene på både damkroner og flomløp for å komme over dammene og overløpet, men dette gir selvfølgelig en risiko som dameier bør være uvillig til å ta.)

I begge tilfeller ligger at det må aksepteres at det ikke vil være mulig å krysse elva under stor flom.



*Figur 10 Utløp av gjelet, mulig kryssning for ny gangbru, men vil uansett være utsatt ved flom*

### 3.2 Kraftlinja

Den foreslåtte traséen for «høy dam» krysser nær mastefundamentet som ligger ca. 80 m nordøst for hengebrua. Dette blir et problem hvis damkrona nærmer seg nivået på mastefundamentet, som synes å være ca. k. 985-986. I så fall må traséen justeres noe mot oppstrøms side slik at masta hverken må flyttes eller bygges opp på dammen.

Hvorvidt spennet ellers ligger høyt nok til å unngå å skape konflikter under bygging eller etter ferdigstillelse av dammen, er ikke vurdert.