

Bekkeinntak Heiåi

Plan for slipp, måling og dokumentasjon av minstevannføring



Bekkeinntak Heiåi, sett fra oppstrøms side (mai 2025)

Sweco Norge AS	Organisasjonsnr. 967032271
Prosjekt	Minstevannføring Hjørdalen
Prosjektnummer	10247727
Kunde	Skagerak Kraft AS
Opprettet av	Helga Løset Skodjereite
Dato	12.05.2025
Dokumentreferanse	10247727-R01 Heiåi. Plan for slipp, måling og dokumentasjon av minstevannføring

Revisjonshistorikk

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
-	04.09.2025	Utkast til kommentar Skagerak	Helga Løset Skodjereite	Knut Tjugen	Helga Løset Skodjereite
00	22.09.2025	Rettet iht. kommentarer	Helga Løset Skodjereite	Knut Tjugen	Helga Løset Skodjereite
01	01.10.2025	Rettet iht. kommentarer	Helga Løset Skodjereite	Knut Tjugen	Helga Løset Skodjereite
02	17.10.2025	Utkast til Skagerak etter endring på løsning	Jørgen S. Larsen	Knut Tjugen	Jørgen S. Larsen
03	19.01.2026	Endelig versjon Rettet iht. kommentarer	-	-	Jørgen S. Larsen

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	3
2	Dagens anlegg	4
3	Plan for slipp, måling og dokumentasjon av minstevannføring	7
3.1	Slipp- og målemetode	8
3.1.1	Løsning for slipp	8
3.1.2	Målemetode	10
3.1.3	Begrunnelse for løsning av slipp og målemetode	10
3.2	Fiskepassasje	11
3.3	Datalagring og signaloverføring	11
3.4	Plan for kontrollmåling	11
3.5	Visning for publikum	11
3.6	Opplysningsskilt	12
3.7	Tekniske tegninger og beregninger	12
3.7.1	Dimensjonering av tapperør	13
3.7.2	Dimensjonering av måleprofil	13
3.7.3	Dimensjonering av betongkonstruksjoner	13
3.8	Oppfølging i driftsfasen	14

1 Bakgrunn

Sweco Norge AS er engasjert av Skagerak Kraft AS for å bistå med utarbeidelse av teknisk løsning for slipp, måling og dokumentasjon av minstevannføring fra bekkeinntaket Heiåi.

I vilkårsrevisjon for reguleringen av Hjartdals- og Tuddalsvassdraget har Skagerak Kraft AS fått pålegg om at det må slippes minstevannføring fra bekkeinntaket i Heiåi.

Iht. manøvreringsreglement for reguleringen, fastsatt 07.02.2025, er følgende føringer for minstevannføring satt:

- Fra inntaket i Heiåi skal det slippes minimum 0,050 m³/s hele året
- Dersom tilsiget er mindre enn kravet til minstevannføring i Heiåi skal hele tilsiget slippes forbi

For utarbeiding av denne planen er det tatt utgangspunkt i NVEs *Veileder Nr. 3/2020 Slipp, måling og dokumentasjon av minstevannføring*, herunder spesielt kapittel 2.3 Arrangement ved eldre anlegg.

Følgende er sitert fra kapittel 2.3 i veilederen:

«Krav om etter-etablering av arrangement for minstevannføring kan bli gitt for vannkraftverk med reguleringsmagasin og for andre eldre og mindre vassdragsanlegg.

Kravet om måling og dokumentasjon kan løses ved å etablere et arrangement for automatisk registrering av vannslippet nedenfor dammen, ved slippstedet eller ved et annet definert målepunkt.

Eieren av anlegget må sende inn en plan for slipp, måling og dokumentasjon så raskt som mulig etter at ny konsesjon er gitt. Detaljplan bør følge sjekkliste i tabell nr 1.»

2 Dagens anlegg

Tabellen under gir generell informasjon om bekkeinntaket.

Tabell 1 Generell informasjon om bekkeinntaket

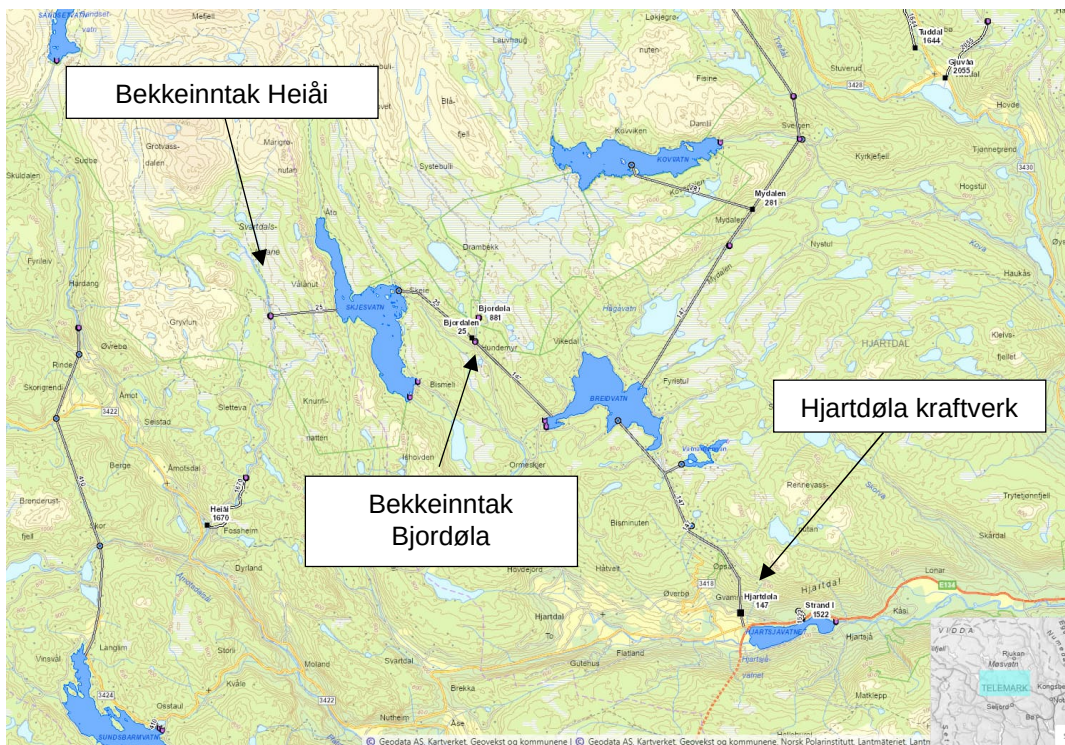
Eier	Skagerak Kraft AS
Den ansvarlige	Skagerak Kraft AS
Elvehierarki	Bjordøla/Heddøla-Hjartdøla/Skiensvassdraget
Navn og ID-nummer vassdragsanlegg	Heiåi (Damnummer 1574) Hjartdøla kraftverk (nr. 147) Bjordalen kraftverk (nr. 25)
Konsekvensklasse	0 (Vedtak datert 06.08.2014)

Bekkeinntaket Heiåi ligger i Seljord kommune og inngår i reguleringen for Hjartdøla kraftverk som vist i Figur 1.

Bekkeinntaket fører vann i tunnel fra elva Heiåi til Skjesvatn. Fra Skjesvatn går vannet videre til Bjordalen kraftverk og deretter videre til Breivatn via bakkeinntaket Bjordøla. Fra Breivatnet går vannet videre i tunnel til Hjartdøla kraftverk.

Det er på strekningen i Heiåi, videre forbi terskelen og bekkeinntaket, at det skal slippes minstevannføring. Arrangementet for minstevannføring vil sørge for at det slippes minstevannføring videre nedover Heiåi som går videre til Åmotsdalsåi. Dette er indikert med rød pil på Figur 2.

Det er adkomst til bekkeinntaket først på bilveg (Åmotsdalsvegen) og videre på skogsveg opp Heiåi-vegen. Ca. 9 km fra avkjøring fra Åmotsdalsvegen er det en parkeringsplass hvor skogsvegen går over i en traktorvei som er mindre kjørbær. Bekkeinntaket ligger ca. 1,7 km fra parkeringsplassen.



Figur 1 Oversiktskart over reguleringen



Figur 2 Bekkeinntak Heiåi. Rød pil indikerer hvor minstevannføringen skal slippes.



Figur 3 Bekkeinntaket sett fra høyre side, oppstrøms (mai, 2025)

Det ble gitt konsesjon til bekkeinntaket 21.06.1957, og anlegget var satt i drift i 1960.

Bekkeinntaket er bygget i betong og består av en betongterskel og inntakskonstruksjon som fører vann i en overføringstunnel mot øst. Se bilde i Figur 3.

Tegninger av eksisterende anlegg er gitt i Vedlegg 1. Bilder av eksisterende anlegg er gitt i Vedlegg 2.

Betongterskelen på bekkeinntaket har lengde ca. 14 m og største høyde ca. 2 m, med HRV på kote 834,70 (lokalt høydegrunnlag). På oppstrøms side av betongterskelen er det i senere tid etablert en stålrister for å føre is over terskelen.

Gjennom betongterskelen går det et tappeløp som har bredde 0,48 m og høyde 0,62 m. Tappeløpet har lengde 2 m langs bunnen. Ved innløpet til tappeløpet står en eldre spjeldluke med bunnivå ca. 1,7 m under topp dam, dvs. k. 833,0.

Terskelen ved inntaksrista ligger på kote 832,75 (lokalt) og overføringstunnelen er opplyst å ha en overføringskapasitet på 18,2 m³/s.

3 Plan for slipp, måling og dokumentasjon av minstevannføring

Sjekkliste over hva som bør beskrives for planlagt arrangement i NVEs Veileder Nr. 3/2020 er gjengitt i utklippet under.

Tabell 1. Beskrivelse av slipp og målemetode i detaljplanen for miljø og landskap

Tema	Innholdet i detaljplanen
Slipp- og målemetode	• beskrivelse av hvordan minstevannføringen skal tas ut og slippes tilbake i elva • beskrivelse av metoden for måling av vannføring • beskrivelse av hydrauliske forhold og tiltak mot tilstopping av drivgods/is • beskrivelse av metode for <i>regulering</i> av vannføringen. Dette gjelder anlegg der det er satt vilkår om sesongbasert minstevannføring • beskrivelse av hvordan tilsiget skal slippes forbi inntaket når kraftverket eller andre typer vassdragsanlegg som henter vann fra vassdraget ikke er i drift Dersom valgt arrangementet avviker fra det NVE anbefaler, må valget begrunnes godt.
Fiskepassasje	Beskrivelse av løsning for opp- og/eller nedvandring av fisk. Dette gjelder anlegg som har krav om dette i konsesjonen
Datalagring og signaloverføring	Beskrivelse av hvordan data skal lagres og hvordan data skal kunne overføres fra målested til driftssentral/system. Behovet for back-up må omtales
Plan for kontrollmåling	Beskrivelse av hvordan kontrollmålinger av minstevannføringen skal gjennomføres når anlegget er satt i drift
Visning for publikum	Beskrivelse av hvordan allmennheten og NVE skal kunne kontrollere vannslippet på stedet
Opplysningsskilt	Utkast til opplysningsskilt og beskrivelse av hvor skiltet blir plassert
Tekniske tegninger	Tegninger av inntaket med minstevannføringsarrangementet som illustrerer valgt løsning og plasseringen i inntaket, dammen eller terskelen
Oppfølging i driftsfasen	Planer for oppfølging og kontroll av arrangementet. For arrangement som skal etableres med vanskelig atkomst og utfordrende klimatiske forhold, må det vurderes nøye hvordan tilsyn og kontroll skal kunne gjennomføres.

Figur 4 Tabell 1 i NVEs veileder for slipp av minstevannføring

Etterfølgende kapitler beskriver de enkelte temaene i henhold til sjekklisten.

3.1 Slipp- og målemetode

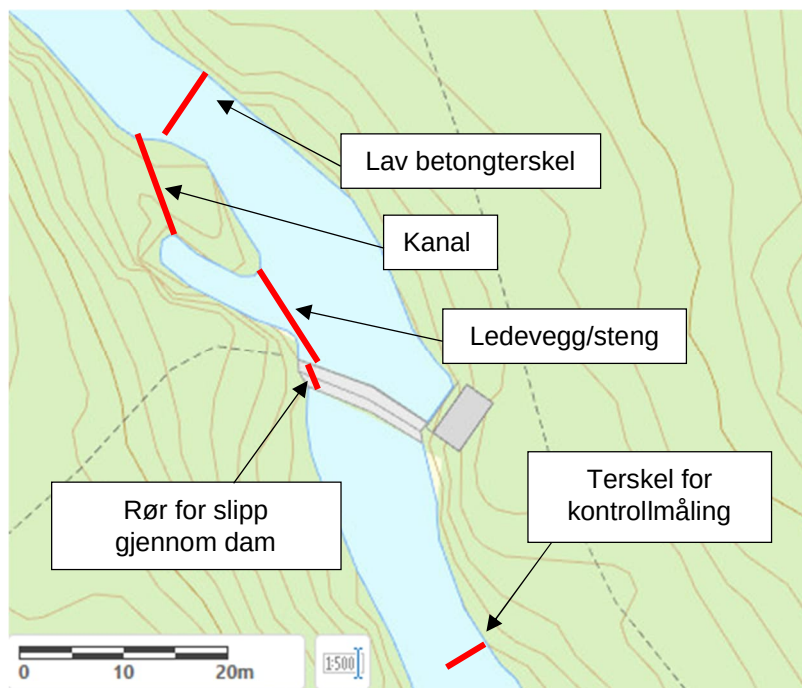
3.1.1 Løsning for slipp

Prinsipptegning for planlagt minstevannføringsarrangement på Heiåi er vist i Vedlegg 3.

Følgende bygningsmessige tiltak utføres for å etablere et minstevannføringsarrangement:

- Etablering av lav terskel i betong oppstrøms for inntaksdammen for å lede tilsiget inn i kanal på vestsiden
- Etablering av kanal for å lede tilsiget fra lav terskel og inn mot høyre side av bekkeinntaket.
- På høyre side av bekkeinntaket (sett medstrøms) etableres en vegg/steng inn mot eksisterende dam.
- Rør for slipp av vannføring gjennom bekkeinntaket etableres ved vegg/steng og gjennom eksisterende dam ved høyre vederlag. Røret legges dykket/med lavbrekk og avsluttes med svanehalsutforming for at det alltid vil være vannfylt. Røret vil ha utslipp i luft.
- Røret skal ha en ventil oppstrøms. Denne skal som hovedregel ikke reguleres og skal derfor vært låst.
- Et stykke nedstrøms for utløpet til tapperøret etableres en terskel. Ved terskelen etableres det et basseng og en målekniv/v-overløp for kontrollmåling.

Prinsipp av tenkt løsning er illustrert i Figur 5.



Figur 5 Prinsipp som viser løsning for slipp på Heiåi (kart NVE Atlas)

Den nye, lave terskelen i betong vil plasseres ca. 25-30 m oppstrøms for eksisterende bekkeinntaket for å lede tilsig inn i kanalen som etableres på vestsiden. Terskelen vil ha lengde ca. 8 m og høyde 0,3 m. Se tenkt plassering i Figur 6.

Det etableres en kanal i terrenget ved hjelp av graving. Pigging av berg utføres ved behov. Kanalen vil ha lengde ca. 10 m og bredde ca. 0,5 m. Hensikten med kanalen er å føre tilsig i elva inn mot høyre side av inntaksbassenget, på motsatt side av selve inntaket. Ved innløpet til ledekanalen etableres opplegg for setting av bjelkesteng slik at kanalen kan tørrlegges ved behov for fjerning av løsmasser etc.

Terskelen og kanalen forutsettes dimensjonert for overføring av minst 0,050 m³/s, (50 l/s), og ved vannføring mindre enn kravet vil terskel og kanal overføre hele tilsiget.

Fra fjellknausen oppstrøms og inn mot høyre side (sett medstrøms) av eksisterende dam etableres en ny ledevegg/steng i betong. Topp av ledevegg/steng legges 1 m under HRV, dvs. k 833,7. Veggen vil ha tykkelse 0,3 m.

Gjennom dammen etableres et rør for slipp av minstevannføring med kapasitet på minst 50 l/s gitt tilgjengelig trykkehøyde. Nødvendig dimensjon på rør vil være minimum 160 mm, ref. beregninger i kapittel 3.7. Nødvendig dimensjon vil kontrolleres når stedlige forhold og tilgjengelig trykkehøyde er kjent når byggingen er i gang.

Det graves bort løsmasser i inntaksbassenget der hvor ny terskel og ledevegg skal etableres. Innløpet til røret legges så dypt at det normalt ikke vil være utsatt for frost.

Så lenge vannstanden er på nivå med oppstrøms ledevegg eller høyere, er røret dimensjonert slik at minstevannføringen som slippes vil være minimum 50 l/s eller mer. Når tilsiget er mindre slik at vannstanden står lavere enn nivå for ledeveggen, vil hele tilsiget slippes forbi.

Nedstrøms for røret etableres terskel med et basseng og måleprofil/v-overløp for kontrollmål av vannføringen som slippes ut. Laveste punkt i måleprofilen skal ligge minimum 27 cm lavere enn forutsatt vannspeil i målearrangementet.



Figur 6 Tenkt plassering av lav terskel vist med rød strek, med hensikt å lede tilsiget mot vest



Figur 7 Rød strek viser omtrent plassering av ledevegg som skal lede tilsiget til tapperør gjennom dammen.

3.1.2 Målemetode

Målemetoden for slipp av minstevannføring vil være elektronisk registrering av vannstand sammen med teoretiske beregninger, samt måleprofil nedstrøms dam for kontrollmåling.

For elektronisk registrering av vannstand vil det etableres vannstandsmåler i inntakskulpen til minstevannføringsarrangementet. Sammen med teoretiske beregninger vil det gi kontinuerlig måling av minstevannføringsslipp.

Det etableres målestav ved inntaket for visuell observasjon av vannstand i inntakskulpen.

Målt vannstand sett opp mot kontrollert vannføring vil benyttes for kontrollmål av teoretiske beregninger.

For kontrollmåling etableres en betongterskel med tilhørende basseng og måleprofil/v-overløp i stål nedstrøms. Måleprofil/v-overløp utformes slik at det er synlig og tilgjengelig for at både driftspersonell og allmennheten kan kontrollere på stedet.

3.1.3 Begrunnelse for løsning av slipp og målemetode

Valgt løsning for slipp og måling av minstevannføring ved Heiå er løsningen NVE kaller «Utsparing i dam» i kap. 9 i veileder Nr. 3/2020 om minstevannføring. Løsningen er tenkt som en driftssikker og pålitelig løsning året rundt.

Bekkeinntaket hvor minstevannføringsarrangementet skal etableres ligger i et område hvor det ikke er strøm eller mobildekning tilgjengelig. Som et resultat av dette er for eksempel løsning med flowmåler ikke mulig her.

Utformingen av minstevannføringsslippen er gjort med tanke på at dersom tilsiget er mindre enn minstevannføringskravet skal all tilsiget slippes. Elektronisk måling av vannstand i inntakskulpen vil sikre måling av vannslipp i perioder hvor for eksempel is er utfordrende.

3.2 Fiskepassasje

Det er ikke krav om fiskepassasje i konsesjonen fastsatt 07.02.2025.

3.3 Datalagring og signaloverføring

For registrering av vannstand i inntakskulpen vil det bli installert vannstandsmåler fra leverandøren «TilSig». Registrering av vannstand vil være en batteribasert løsning som sender data til Regionsentralen på gitte tidspunkter/intervaller.

Det er ikke strøm eller mobildekning på stedet i dag, men Skagerak vil etablere en kommunikasjonsløsning ved forlengelse mobildekning (4G Narrowband) frem til inntaket.

Registrert data på vannstand lagres i Skagerak sitt interne system og vil kunne oversendes til NVE på forespørsel.

Ved brudd i dataoverføring vil det gå en alarm til regulantens driftssentral som vil initiere at driftspersonell reiser ut på stedet for å reetablere sambandet.

3.4 Plan for kontrollmåling

Det vises til NVEs Veileder Nr. 3/2020, herunder kapittel 8.3 Kontrollmåling av minstevannføringen. Det fremgår klart at det må gjennomføres kontrollmålinger av vannslippet fortrinnsvis ved slippstedet.

Det tilrettelegges for løpende kontrollmåling av minstevannføringen med etablering av måleprofilen i terskel nedstrøms.

Plassering av måleprofilen nedstrøms tilpasses slik at det er synlig og tilgjengelig for at både driftspersonell og allmennheten kan kontrollere på stedet. Opplysningsskiltet vil gi informasjon om hvordan allmennheten kan lese av måleprofilen. I tillegg vil det være henvisning til øvre terskel hvor det kan kontrolleres at alt tilsiget under 50 l/s går i minstevannførringsarrangementet.

Kontrollmålinger av rørkapasitet og måleprofil er planlagt å utføres minimum 5 ganger i forbindelse med installasjonen.

Det kan for eksempel benyttes en større vanntank hvor registrering av aktuell kapasitet på arrangementet skjer ved bruk av stoppeklokke.

Kontroll gjentas inntil 5 ganger til ulike tider på døgnet og til ulike datoer i installasjonsperioden.

Gjennomførte kontrollmålinger dokumenteres skriftlig og med bilder som lagres for å bli fremlagt for NVE på forespørsel.

For oppfølging og kontroller i driftsfasen vises til kapittel 3.8 i dette dokument.

3.5 Visning for publikum

Måleprofilen i terskel nedstrøms som måler vannstand og beregnet vannføring på slippet vil være synlig for allmennheten.

Opplysningsskiltet vil gi informasjon om dette og i tillegg vise plassering av måleprofilen på kartskisse.

3.6 Opplysningsskilt

Det skal etableres et nytt opplysningsskilt ved bekkeinntaket. Skiltet er tenkt plassert på vestsiden av bekkeinntaket, ved gjerdet (se bilde 1 i vedlegg 2).

Utkast til opplysningsskilt er gitt under. På skiltet vil det i tillegg være en kartskisse som viser allmennheten hvor de kan kontrollere ved øvre terskel og måleskjær.

Bjordalen kraftverk. Bekkeinntak Heiåi.

Pålagt minstevannføring

- 50 l/s hele året

Dersom tilsiget er mindre enn kravet til minstevannføring, skal hele tilsiget slippes forbi.

Ved øvre terskel kan det kontrolleres at alt tilsiget går til minstevannføringsarrangementet i rør gjennom dammen. Kontrollmål av vannføringen som slippes ut gjennom arrangementet kan avleses på måleprofil som er plassert nedstrøms for dammen.

[Kartskisse som viser plassering av øvre terskel og måleprofil]

Ref: Manøvreringsreglement for reguleringen av Hjartdals- og Tuddalsvassdraget fastsatt 07.02.2025

Regulant: Skagerak Kraft AS Telefon: 35 93 50 00

Brudd på dette pålegg meldes regulanten eller Norges Vassdrags- og energidirektorat.

3.7 Tekniske tegninger og beregninger

Tabell 2 gir en oversikt over tegninger av eksisterende anlegg som er gjengitt i vedlegg 1.

Tabell 2 Tegningsliste eksisterende anlegg

Tegningsnummer	Tittel	Firma/Sign	Dato
-	Hjartdøla kraftverk. Inntak Heiåi. Snitt inntak og dam	Ø.K	23.10.2000
1 - 20183	Hjartdøla kraftverk. Dam og inntak tunnel Heiåi - Skjessvatn	-	28.02.1959
4992	Hjartdøla kraftverk. Inntak Gausdøla, Kvitål, Kova, Mydøla og Heiåi. Varegrind, -føring for bjelkest.	Ingeniør A. B. Berdal	22.03.1956

Vedlegg 3 viser prinsipptegning av minstevannføringsarrangementet som skal etableres.

Følgende forutsetninger er benyttet for foreløpig dimensjonering av minstevannføringsarrangementet med utgangspunkt i tegninger fra byggetiden og kontrollmål utført på befaring.

Vannspeilnivå i inntak: kote 833,7 (1 m under HRV)

Nivå utløp rør: kote 832,7 (1 m under topp ledevegg)

Tilgjengelig trykkehøyde: 1 m

Total vannfylt rørlengde: 2,0 m (for beregning av falltap)

3.7.1 Dimensjonering av tapperør

Det er gjort to dimensjonerings av tapperør. Den ene regner nødvendig diameter gitt forutsetninger slik de er kjent før bygging. Den andre tar høyde for usikkerhet knyttet til tilgjengelig trykkehøyde.

Nødvendig diameter tapperrør for scenario en er beregnet til $\varnothing = 160$ mm.

Beregninger vist i vedlegg 4.1 og basert på oppgitte forutsetninger. Beregninger for et rør med dimensjon 160 mm viser at tappekapasitet gjennom røret vil være 60 l/s ved Bernoullis ligning og 53 l/s ved innløpskontroll. Kravet til minstevannslipp vil dermed være oppfylt.

Det er usikkerhet knyttet til nivå senterlinje rør grunnet de stedlige forholdene. Det legges derfor opp til at det bestilles et rør med nominell diameter $\varnothing = 200$ mm. Ved installasjon, når nøyaktig senterlinje rør er gitt skal det gjøres grundige kontrollmålinger. Da vil ventilåpning justeres til man finner det punktet som sikrer tilstrekkelig vannslipp og ventilen vil deretter låses i denne posisjonen.

Beregninger for $\varnothing 200$ -rør viser at kapasiteten er 68 l/s ved Bernoullis ligning og 59 l/s ved innløpskontroll dersom man har mistet halve trykkehøyden (0,5 m) på grunn av stedlige forhold.

Hvis tilsiget er mindre enn 50 l/s, vil tilgjengelig trykkehøyde for røret være mindre, men utformingen av arrangementet gjør at alt tilgjengelig tilsig i elva vil slippes forbi gjennom minstevannføringsarrangementet.

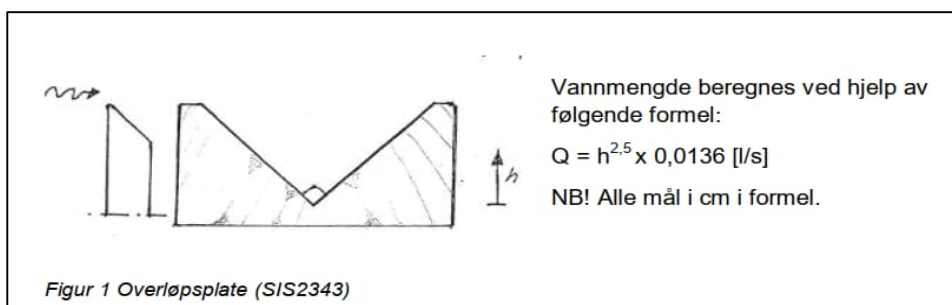
Flere data som er lagt til grunn for beregning av rørdimensjon må verifiseres før endelig bestilling av rørrangement og tilbehør.

I etterkant av installasjonen vil dokumentasjon med innmålte høyder og oppdaterte teoretiske beregninger oversendes til NVE som del av sluttdokumentasjonen.

3.7.2 Dimensjonering av måleprofil

Dimensjonering av overløpsplate (90 grader skjær) er utført med formelen angitt nedenfor i Figur 8.

Når vannstanden er på 27 cm over bunn av måleskjæret slippes det 50 l/s. Beregninger er vist i Vedlegg 4.2.



Figur 8 Vannmengde overløpsplate

3.7.3 Dimensjonering av betongkonstruksjoner

Ny, lav terskel og ledevegg dimensjoneres iht. NS-EN 1991-1-1, NS-EN 1991-1-2, NS-EN 1997-1, NS-EN 1998-1, og NVE's Retningslinjer for betongdammer samt underlag fra NVE.

Dokumentasjon kan fremlegges NVE på forespørsel.

3.8 Oppfølging i driftsfasen

Rutiner for oppfølging og drift av minstevannføringsarrangement skal utarbeides og inngå i Skageraks internkontrollsystem.

Rutinemessig tilsyn vil gjennomføres ved inspeksjon minst to ganger i året. Funksjonalitet dokumentert ved installasjonen forutsettes opprettholdt så lenge innløpet, selve røret og utløpet ikke utsettes for skader.

Løpende kontroll av funksjonalitet vil skje ved månedlig inspeksjon der det kontrolleres at tapperørets funksjonalitet er ivaretatt og at kontrollmåling av vannføringen fungerer tilfredsstillende. I tillegg utføres eventuell nødvendig rensk av innløpet.

Ved undermål av vannstand i måleskjær (nedstrøms) vil Regionsentral få varsel og sammenligne med vannstand oppstrøms for å avdekke ev. tilstopping av arrangementet. Ved undermål av vannstand i måleskjær og ingen tilstopping indikerer dette at tilsiget er mindre enn 50 l/s.

Spesifikke vedlikeholdsrutiner, hva slags utstyr som trengs og hvor dette oppbevares/gjøres tilgjengelig vil bli spesifisert når det endelige utstyret er levert og installert for så å bli dokumentert skriftlig og med produktdata.

Etter gjennomført tiltak og installasjon vil Skagerak Kraft AS utarbeide en samlet sluttrapport for dokumentasjon. Sluttrapporten vil inneholde verifiserte forutsetninger for dimensjonering av rørdiameter og beregnet tappekapasitet for minstevannføringen.

All dokumentasjon vil fremlegges for NVE på forespørsel.

Vedlegg 1: Tegninger av eksisterende anlegg

Vedlegg 2: Bilder av eksisterende anlegg

Vedlegg 3: Tegninger nytt minstevannføringsarrangement Heiåi

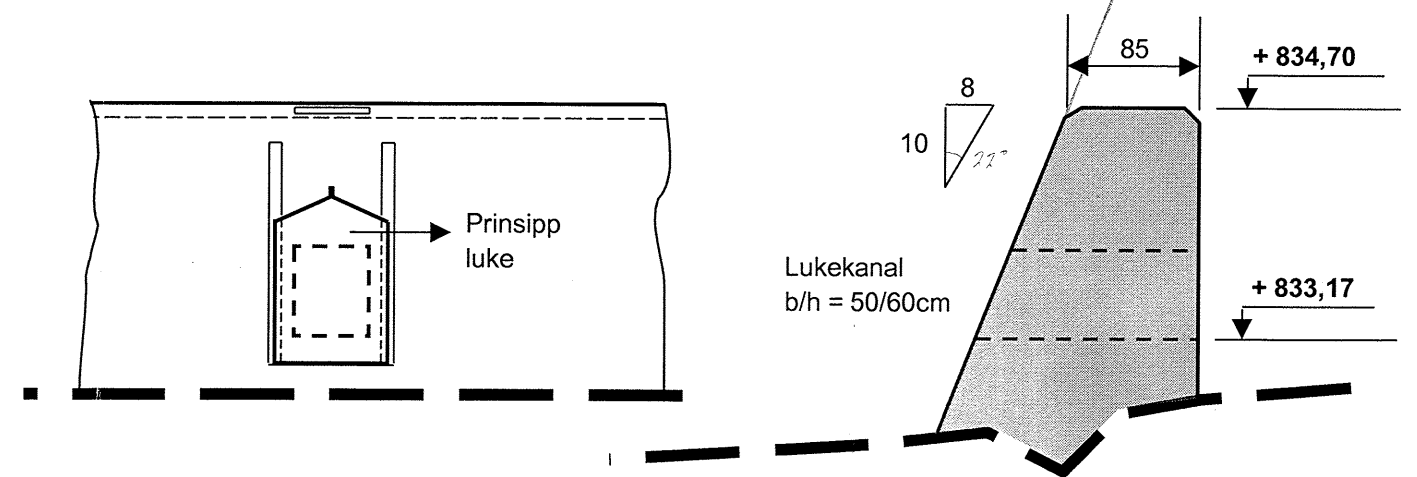
Vedlegg 4: Beregninger og dimensjonering

4.1 Dimensjonering av tapperør

4.2 Dimensjonering av tapperør med halv trykkehøyde

4.3 Dimensjonering av måleprofil

Vedlegg 1: Tegninger av eksisterende anlegg

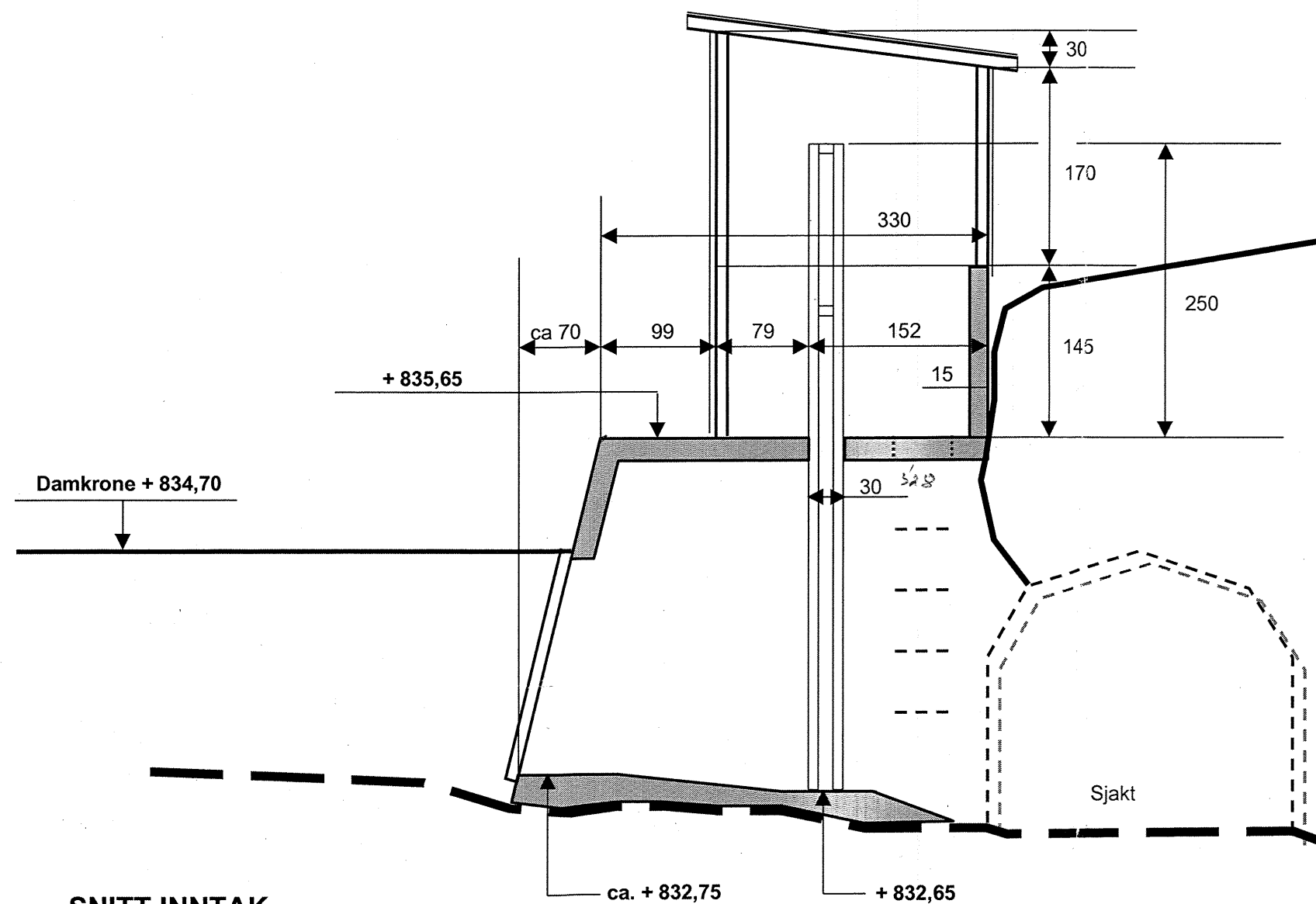


SNITT DAM

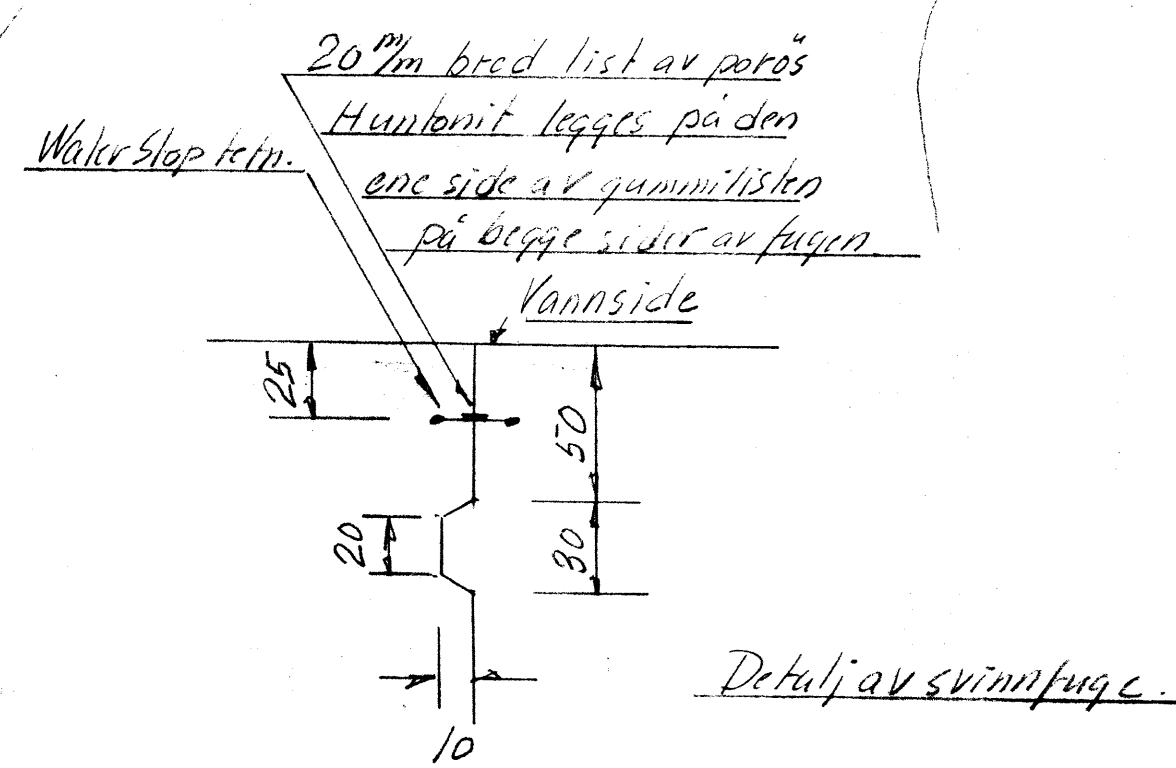
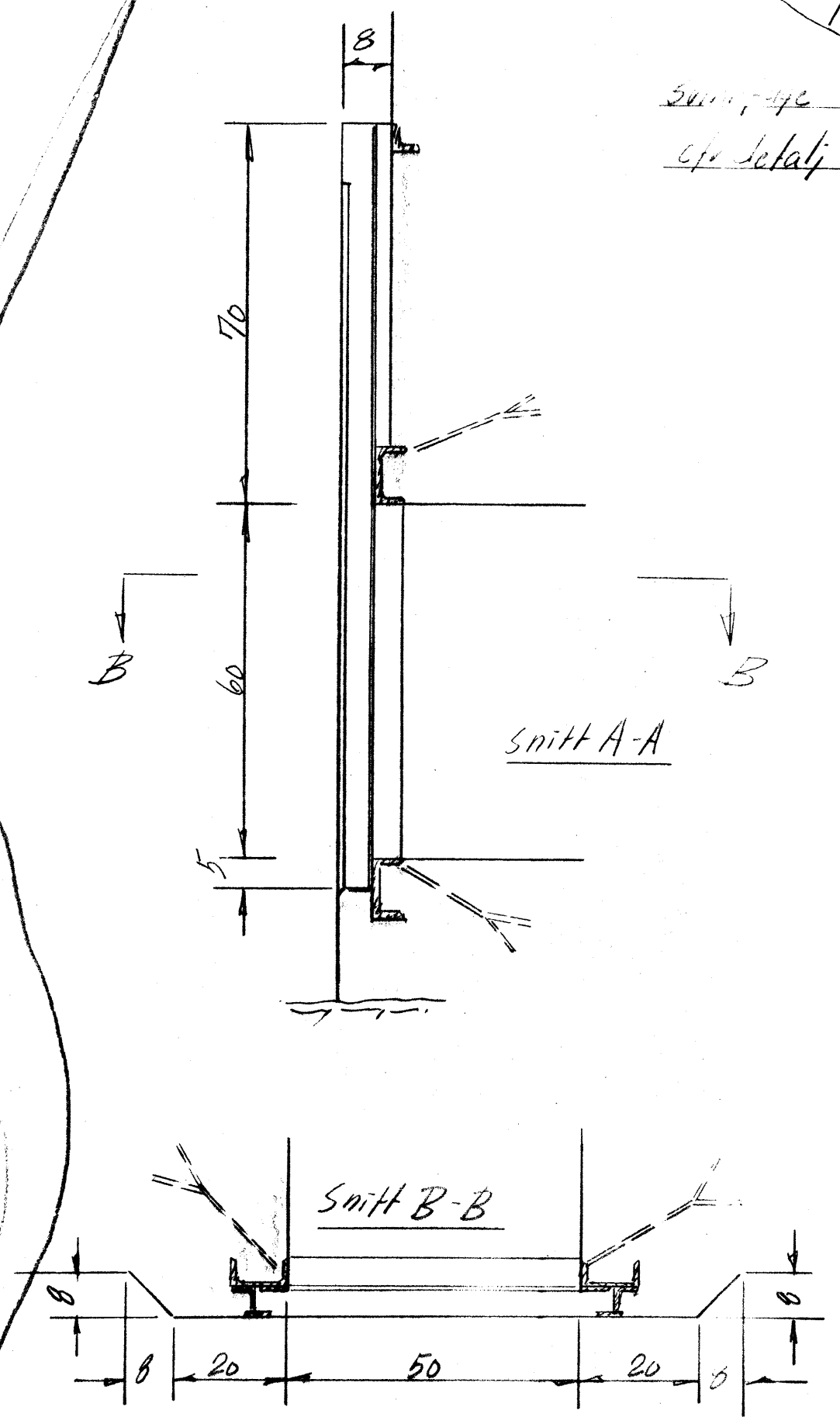
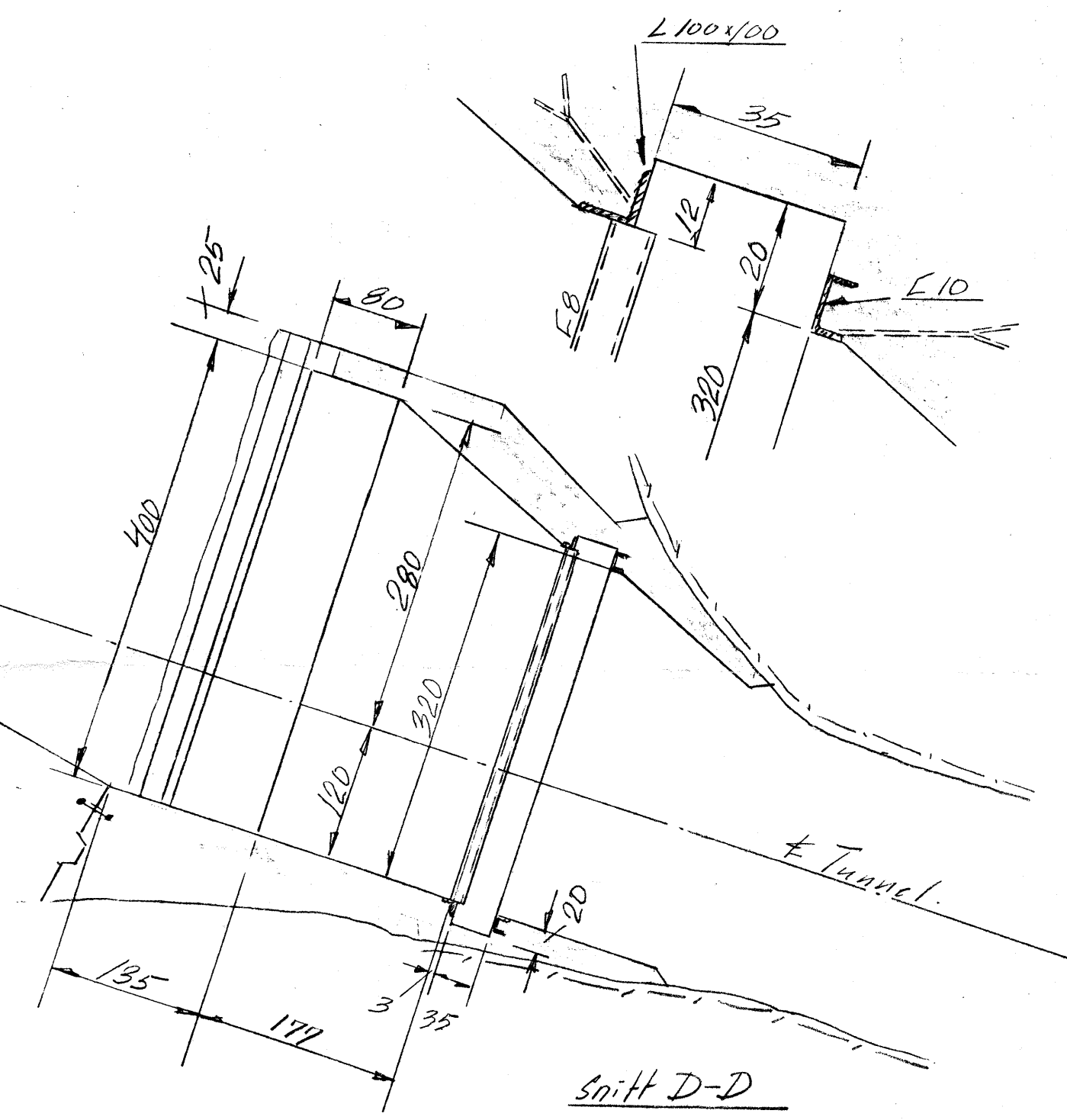
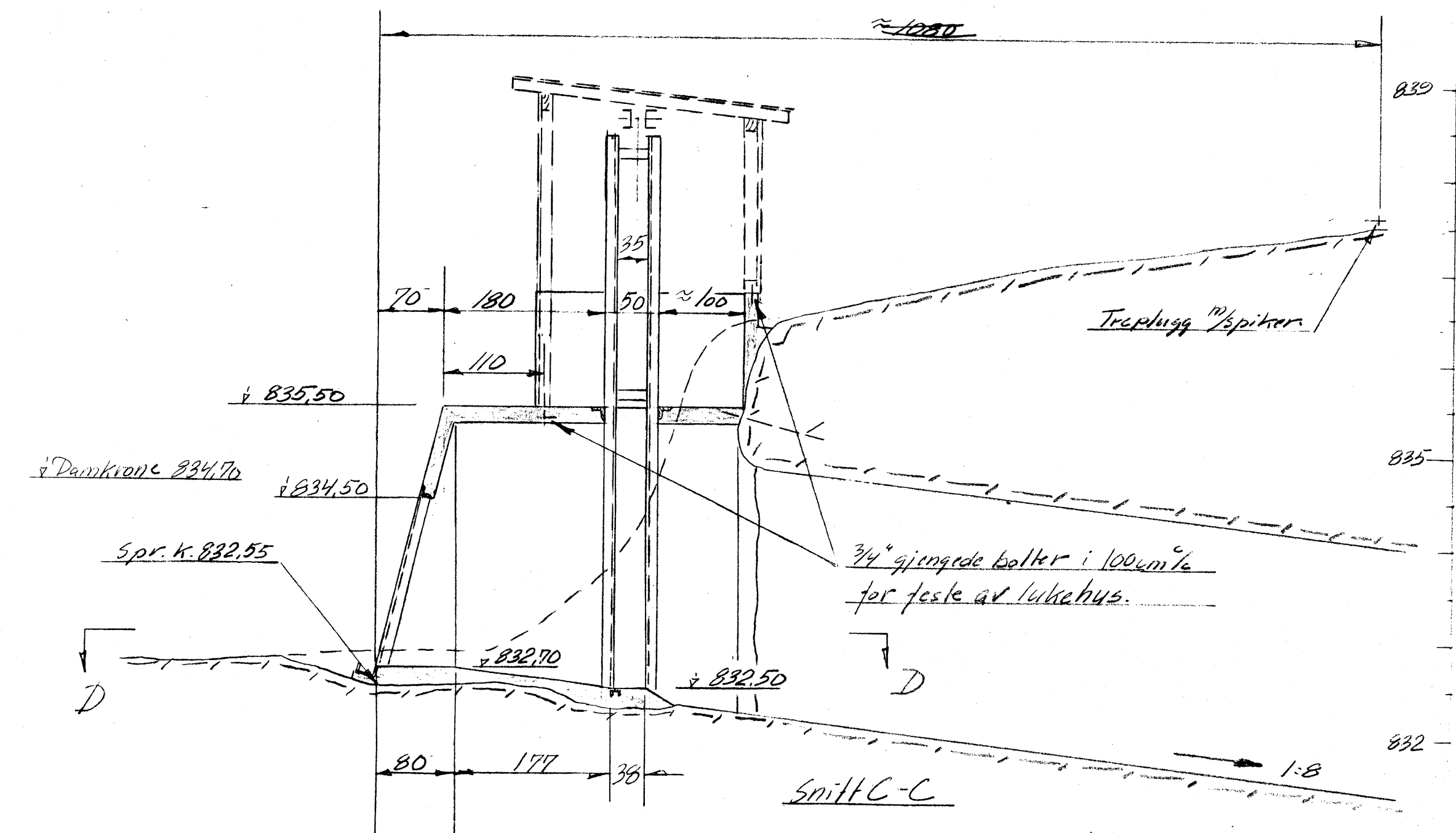
02 85 20 52

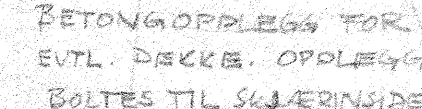
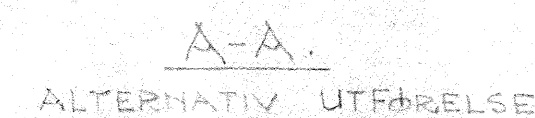
FORELØPIG

C	
B	
A	
Hjartdøla kraftverk - INNTAK HEIÅI	
SNITT INNTAK OG DAM	
Målestokk: 1:50	
Dato: 23.10.00	Sign. Ø.K.
Tegn.nr.	



SNITT INNTAK





NB. Antall seksjoner og dermed bredden av inntakene bestemmes endelig etterat forskjæring er sprenget

TILFØYD BJØRDALEN		3	29/5/58
SLOVET SJ. STENGSEL FORAN G. IND. TILF. EVTL. DEKKE		4	PR. 16 NOK
Forandringer		Nr.	Dato. sign.
HJARTDØLA KRAFTVERK	Målestokk	Tegn.	27-5-58
INNTAK GAUSDØLA, KVITRI	1:50	Trac.	
KOVA, MYDØLA OG HEIÅ.	1:10	Kontr.	
VAREGRIND - FORING FOR BJEKST	1:5	Godkl.	
INGENIØR A. B. BERDAL	Anl. nr.	Tegn. nr.:	A
- OSLO -	88	4992	B

Vedlegg 2: Bilder av eksisterende anlegg

04.09.2025

Opprettet av: Benjamin Helland

Prosjektnummer: 10247727-R01

Prosjekt: Minstevannføring Heiåi

Kunde: Skagerak Kraft AS

Prosjektleder: Helga Løset Skodjereite

Vedlegg 2: Bilder

Bekkeinntak Heiåi 15.05.2025



Bilde 1 Bekkeinntaket Heiåi sett fra vest



Bilde 2 Bekkeinntaket sett fra oppstrøms side, fra vest

03.09.2025

Prosjektnummer: 10247727-R01
Prosjekt: Minstevannføring Heilåi



Bilde 3 Tatt oppstrøms for inntakskulpen



Bilde 4 Inntakskulp sett fra øst

03.09.2025

Prosjektnummer: 10247727-R01
Prosjekt: Minstevannføring Heilåi



Bilde 5 Elveleiet nedstrøms for bekkeinntaket



Bilde 6 Bekkeinntaket sett fra nedstrøms side

03.09.2025

Prosjektnummer: 10247727-R01
Prosjekt: Minstevannføring Heilåi



Bilde 7 Tatt ca. 25-30 m oppstrøms for bekkeinntaket



Bilde 8 Elveleiet oppstrøms for bekkeinntaket

03.09.2025

Prosjektnummer: 10247727-R01
Prosjekt: Minstevannføring Heiåi



Bilde 9 Området vest for eksisterende betongterskel



Bilde 10 Oppstrøms side der vegg for minstevannførings-arrangement kan stå

03.09.2025

Prosjektnummer: 10247727-R01
Prosjekt: Minstevannføring Heiåi



Bilde 11 Oppstrøms side, vest



Bilde 12 Nedstrøms side, vest

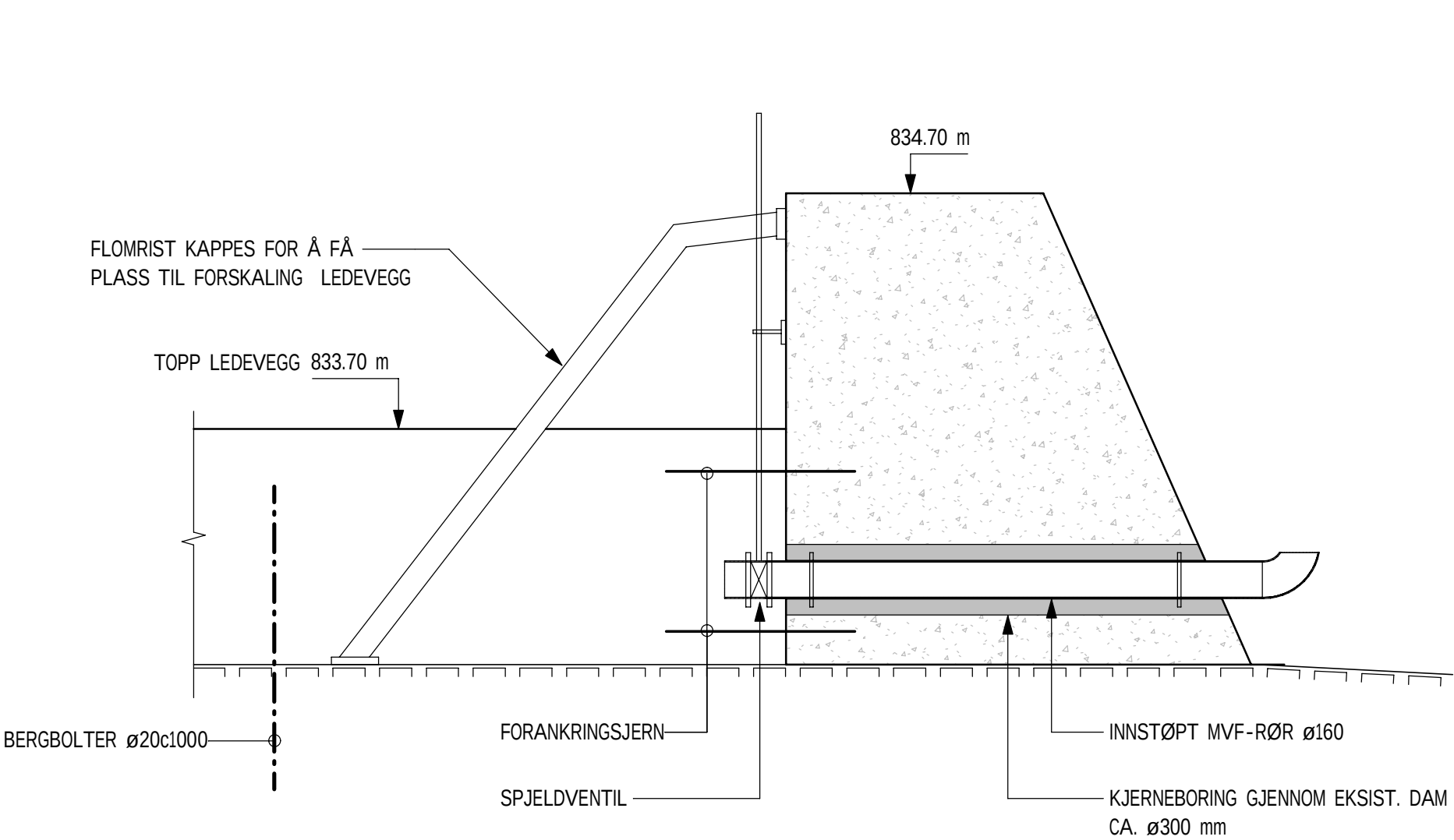
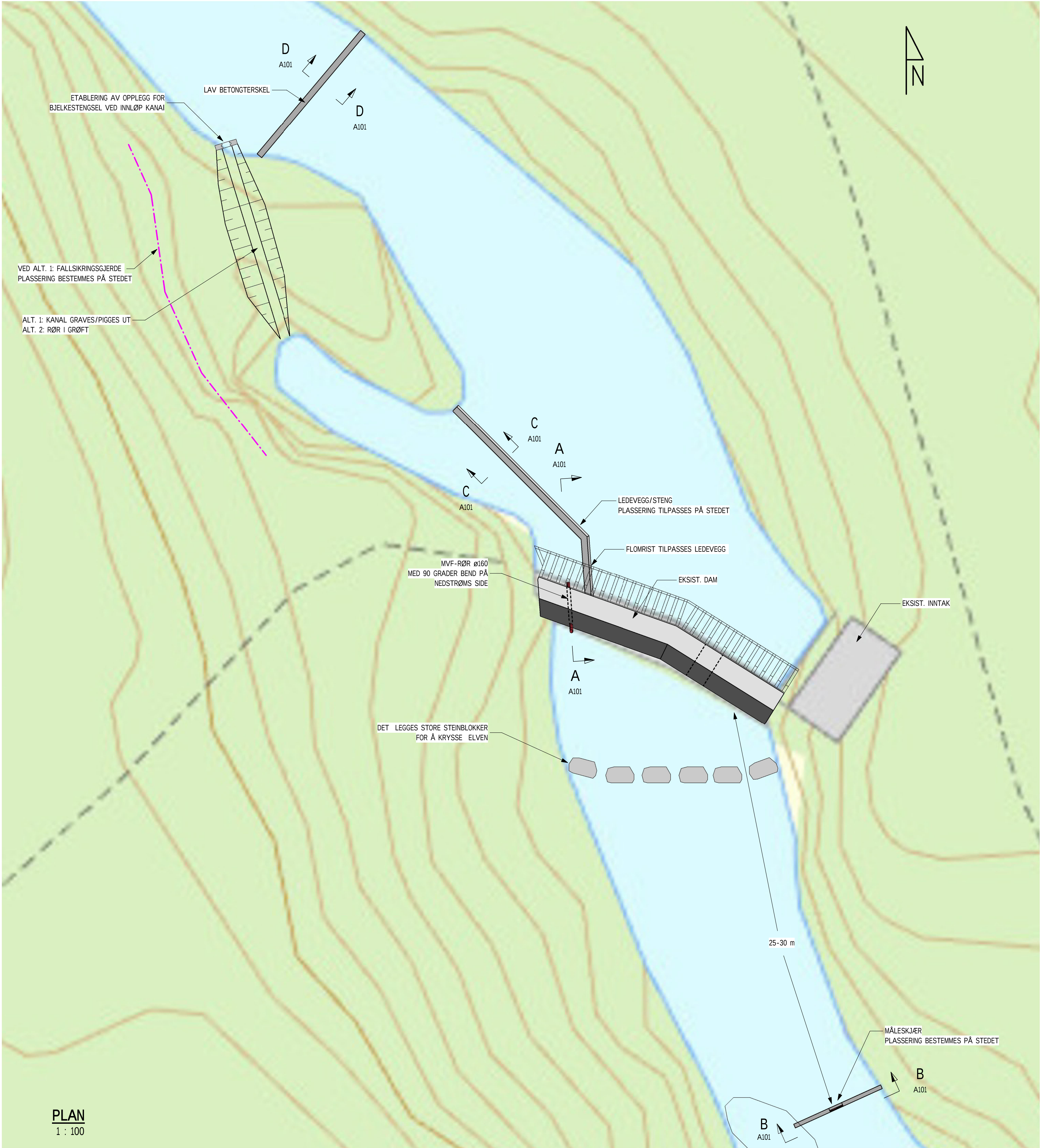
03.09.2025

Prosjektnummer: 10247727-R01
Prosjekt: Minstevannføring Heilåi

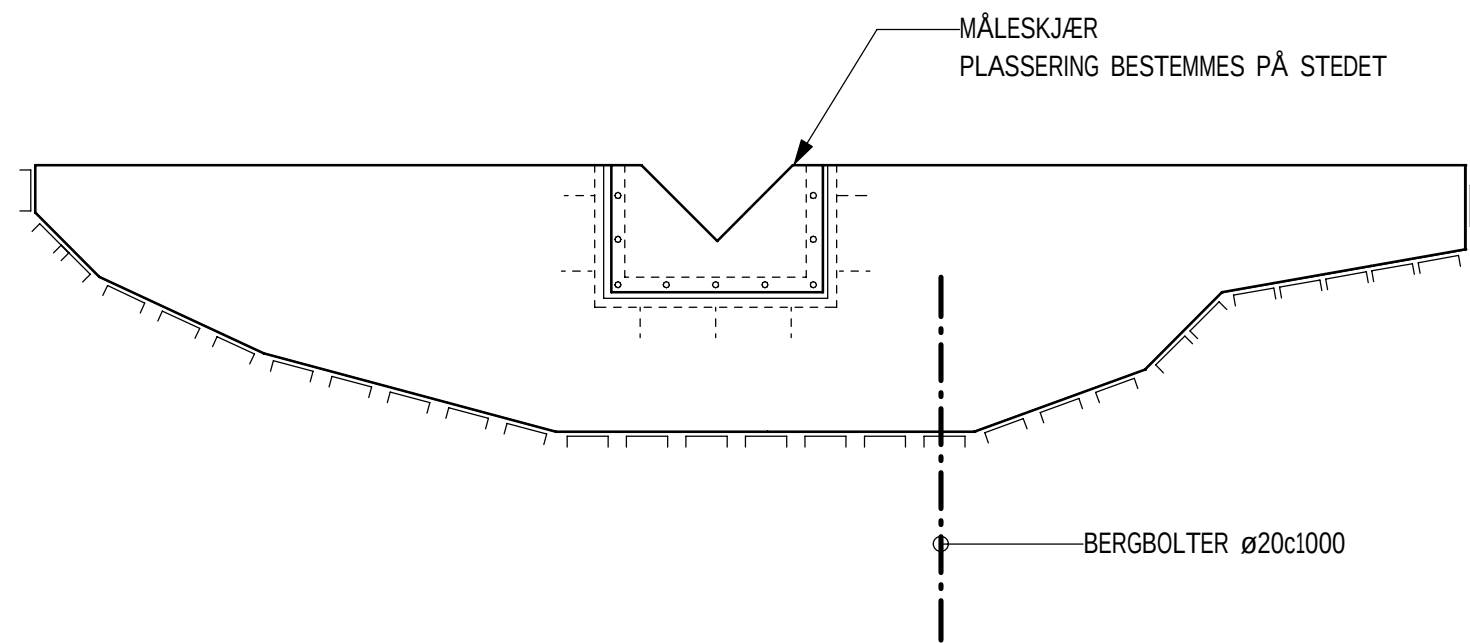


Bilde 13 På innside av isrist, oppstrøms side av inntaksdam

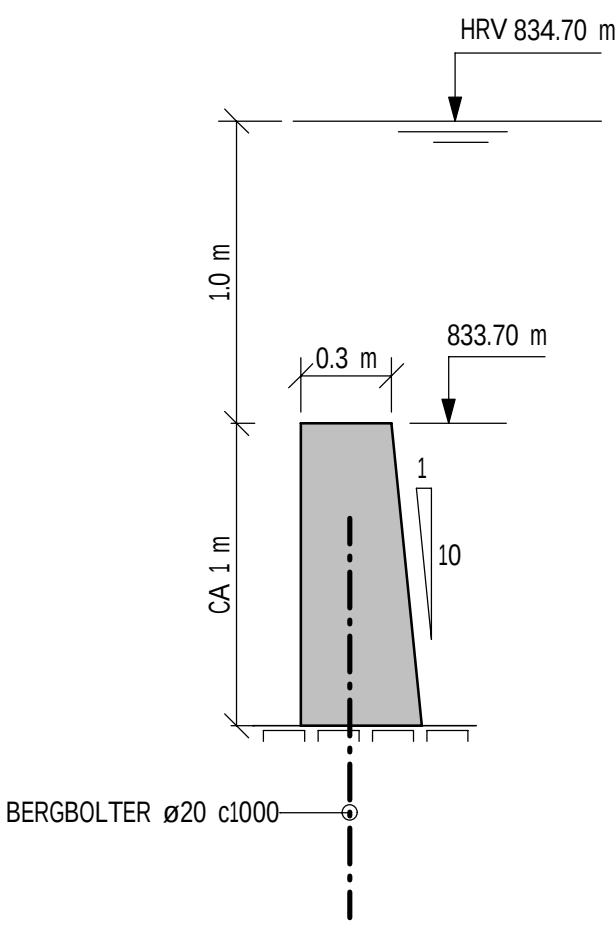
Vedlegg 3: Tegninger av nytt minstevannføringsarrangement



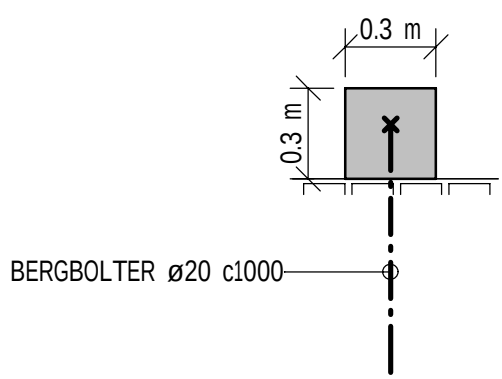
SNITT A-A
1 : 25



SNITT B-B
1 : 25



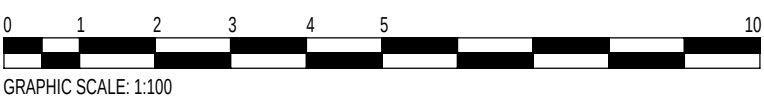
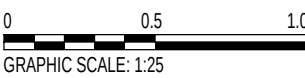
SNITT C-C
1 : 25



SNITT D-D
1 : 25

Tegningstittel: HEIÅI	Tegningsstatus: PLANFASE
Dokumentnummer:	10247727 -B -A101 -B -00

ANMERKNINGER:
Koordinatsystem UTM 32, Høydesystem NN2000



00	PLANFASE	NOOLGA	NOTJUG	15.12.2025
Rev	Endring	Utf.	Kontf.	Dato
Oppdragsgiver SKAGERAK KRAFT AS		Målestokk Som vist		
Tittel MINSTEVANNFØRING HJARTDØLA		Format A1		
HEIÅI		Sweco oppdragsleder Helga Løset Skodjereite		
PLAN OG SNITT		Sweco oppdragsnr. 10247727		
ARRANGEMENTSTEGNING		Tegningsstatus PLANFASE		
Fagdisiplin B		Tegningsnummer (bygg-et-fag-syst-type-løpenr) A101		Status B
				Rev. 00

Prosjektadresse: Prosjektadresse

Vedlegg 4: Beregninger

Vedlegg 4.1: Dimensjonering av tapperør

Nødvendig rørdimensjon Heiåi

Prosjekt Minstevannføring Hjartdøla		Prosjektnummer 10247727		
Kunde Skagerak Kraft AS	Skagerak Kraft AS	Prosjektleder Helga Løset Skodjereite	Versjon	Rev
Utarbeidet av Helga Løset	Dato 01.09.2025	Kontrollert av Knut Tjugen	Dato 03.09.2025	

Regnearket beregner nødvendig rørdimensjon for minstevannføringsslippet for bekkeinntaket Heiåi. Tilgjengelig nivåforskjell 1,0 m for røret.

Lengde rør (horisontalt)

Oppstrøms vegg tykkelse	Mellom vegger	Nedstrøms vegg gjennomsnitttykkelse	Ny konstruksjon	Sum
2,0	0,00	0,00	-	2,00

Hoveddata for MVF-arrangement

M	Manning koeff.	85,00	$m^{1/3}/s$	Horisontalt
	Horisontal lengde rør	2,00		
	Helning rør	1,00		
	Beregnet skrålengde rør	2,00		
L	Lengde rør	2,00	m	Diameter velges
g		9,81	m/s^2	
k _i	Innløpskoeff.	0,50		
k _u	Utløpskoeff.	1,00		
k _d	Div. tapskoeff.	0,30		
Q	Vannføring	0,05	m^3/s	
D	Diameter rør	0,16	m	
Rh	Hydraulisk radius, D/4	0,04	m	

Tilgjengelig nivåforskjell

v	Hastighet	$Q/(D^2/4 \cdot \pi)$	2,4868	m/s
---	-----------	-----------------------	--------	-----

Nivå oppstrøms terskel

Nivå vannspeil nedstrøms

Tilgjengelig nivåforskjell

833,70	1,0 m under HRV
832,70	1,0 under oppstrøms terskel
1,00	(H1-H2)

h _f	Friksjonstap	$(v^2 \cdot L)/(M^2 \cdot Rh^{4/3})$	0,125	m
h _i	Innløpstap	$k_i \cdot v^2/(2 \cdot g)$	0,158	m
h _u	Utløpstap	$k_u \cdot v^2/(2 \cdot g)$	0,315	m
h _d	Ventil, bend, uforusett tap	$k_d \cdot v^2/(2 \cdot g)$	0,095	m
h_{tap} ≤ tilgjengelig nivåforskjell			0,692	

Nødvendig rørdimensjon Heiåi

Prosjekt
Minstevannføring Hjørdøla

Prosjektnummer
10247727

Kunde
Skagerak Kraft AS

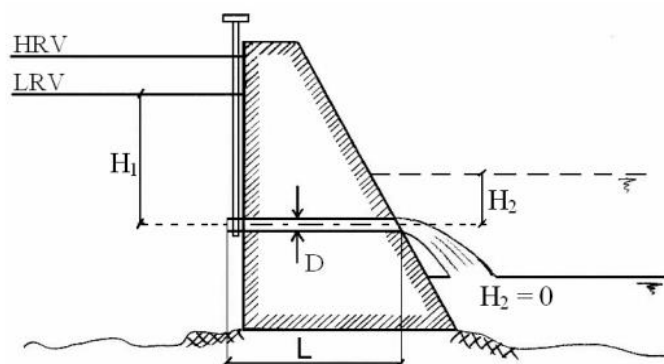
Skagerak Kraft AS

Prosjektleder
Helga Løset Skodjereite

Versjon

Rev

Kontroll av vannføring i henhold til NVEs inntakshåndbok



Figur 4-20 Definisjonsskisse for tapperør

For tapperøret kan vi gjøre flere forenklinger, fordi vannføringen gjennom røret er liten så blir vannhastigheten i snitt 1 så lav at vi kan anta at $\frac{V_1^2}{2g} = 0$. I tillegg plasserer vi referansenivået i høyde med utløpet av røret, og måler begge dybdene, H_1 og H_2 derfra. Da blir $Z_1 = Z_2$, slik at Bernoullis likning kan forenkles til:

$$H_1 = H_2 + \frac{V_2^2}{2g} + H_{\text{tap}} = H_2 + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot A_2^2} + H_{\text{tap}}$$

$$H_1 = H_2 + \frac{Q^2}{2gA_{\text{rør}}^2} + \frac{Q^2 \cdot L}{M^2 \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{4/3} \cdot A_{\text{rør}}^2} + k_{\text{inn}} \cdot \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot A_{\text{rør}}^2}$$

Snur vi om på uttrykket så vi får vannføringen, Q , alene på venstre siden, får vi:

$$Q = \sqrt{\frac{(H_1 - H_2) \cdot A_{\text{rør}}^2}{\left(\frac{L}{M^2 \cdot R_h^{4/3}} + \frac{k_{\text{inn}} + 1}{2g}\right)}} = \sqrt{\frac{(H_1 - H_2) \cdot \left(\frac{D^2}{4} \pi\right)^2}{\left(\frac{L}{M^2 \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{4/3}} + \frac{k_{\text{inn}} + 1}{2g}\right)}}$$

Dette uttrykket kan vi ikke løse direkte, så det enkleste er å prøve ulike diametre til man finner et rør som gir stor nok vannføring. Hvis innløpet begrenser kapasiteten (innløpskontroll) kan kapasiteten være mindre enn det vi beregner med Bernoullis likning, se avsnitt 4.6.2.

H ₁ - H ₂	Tilgjengelig nivåforskjell	1,00	m
k _{inn} +1	k _i +k _d +k _u	1,80	
L	Lengde rør	2,00	m
M	Manning	85,00	m ^{1/3} /s
D	Diameter rør	0,16	m
R _h	Hydraulisk radius, D/4	0,04	m
Q	Vannføring	0,060	m ³ /s
		60,08	l/s

Nødvendig rørdimensjon Heiåi

Prosjekt	Prosjektnummer			
Minstevannføring Hjartdøla	10247727			
Kunde	Prosjektleder		Versjon	Rev
Skagerak Kraft AS	Helga Løset Skodjereite			

Innløpskontroll fra inntakshåndboken

4.6.2 Innløpskontroll

For korte tapperør med skarpkantet (90°) hjørner i innløpet, for eksempel rør som er kappet i plan med oppstrøms damvegg, kan det være kapasiteten til innløpet til røret som begrenser vannføringen. Uten en grundig beregning bør man ikke anta at kapasitet er større enn det som følger av uttrykket under, selv om beregningsmåten som er beskrevet i avsnitt 4.6 gir større kapasitet:

$$Q = AV = C \frac{D^2}{4} \pi \sqrt{2 \cdot g \cdot H_1}$$

Kontraksjonskoeffisienten, C , er ca. 0,6, og de andre variablene er som beskrevet i avsnitt 4.6. Hvis innløpet til røret er godt avrundet har det vanligvis ikke innløpskontroll.

C	Kontraksjonskoeff.	0,6	$m^{1/3}/s$
H1	Tilgjengelig nivåforskjell	1,00	m
D	Diameter rør	0,16	m

Q	Kapasitet $\geq 0,05$	0,053	m^3/s
		53,44	l/s

Kommentar

Beregningene viser at et rør med dimensjon 160 mm vil ha tilstrekkelig kapasitet til å slippe gjennom minst 50 l/s når tilgjengelig nivåforskjell er 1,0 m.

Kapasiteten er beregnet til 60 l/s ved Bernoullis ligning og 53 l/s ved innløpskontroll.

Det er lagt til grunn at det skal benyttes et stålrør med antatt Manningstall = 85. For å få innløpskoeffisient = 0,5 er det nødvendig med en konus i inntaket slik at man unngår 90° skarpkantet innløp.

Vedlegg 4.2: Dimensjonering av tapperør med halv trykkehøyde

Nødvendig rørdimensjon Heiåi - halv trykkehøyde

Prosjekt	Prosjektnummer			
Minstevannføring Hjørdøla	10247727			
Kunde	Prosjektleder		Versjon	Rev
Skagerak Kraft AS	Skagerak Kraft AS	Jørgen S. Larsen		
Utarbeidet av	Dato	Kontrollert av	Dato	
Jørgen S. Larsen	19.01.2026			

Regnearket beregner minstevannføringsslippet for bekkeinntaket Heiåi ved rørdiameter Ø200. Tilgjengelig nivåforskjell er et tenkt tilfelle hvor det kun er 0,5 m tilgjengelig trykkehøyde (halv trykkehøyde).

Lengde rør (horisontalt)

Oppstrøms vegg tykkelse	Mellom vegger	Nedstrøms vegg gjennomsnitttykkelse	Ny konstruksjon	Sum
2,0	0,00	0,00	-	2,00

Hoveddata for MVF-arrangement

M	Manning koeff.	85,00	$m^{1/3}/s$	Horisontalt
	Horisontal lengde rør	2,00		
	Helning rør	1,00		
	Beregnet skrålengde rør	2,00		
L	Lengde rør	2,00	m	Diemeter velges
g		9,81	m/s^2	
k _i	Innløpskoeff.	0,50		
k _u	Utløpskoeff.	1,00		
k _d	Div. tapskoeff.	0,30		
Q	Vannføring	0,05	m^3/s	
D	Diameter rør	0,20	m	
Rh	Hydraulisk radius, D/4	0,05	m	

Tilgjengelig nivåforskjell

v	Hastighet	$Q/(D^2/4 \cdot \pi)$	1,5915	m/s
---	-----------	-----------------------	--------	-----

Nivå oppstrøms terskel

Nivå vannspeil nedstrøms

Tilgjengelig nivåforskjell

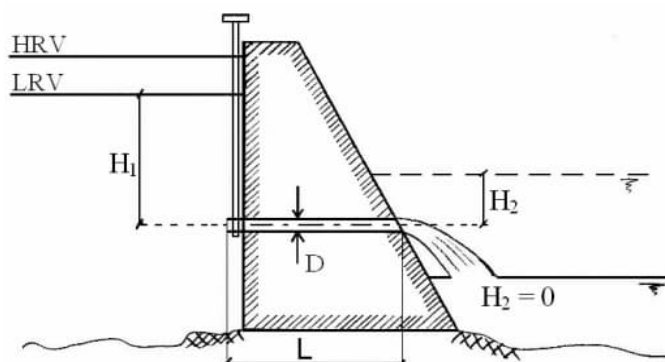
833,70	1,0 m under HRV
833,20	1,0 under oppstrøms terskel
0,50	(H1-H2)

h _f	Friksjonstap	$(v^2 \cdot L)/(M^2 \cdot Rh^{4/3})$	0,038	m
h _i	Innløpstap	$k_i \cdot v^2/(2 \cdot g)$	0,065	m
h _u	Utløpstap	$k_u \cdot v^2/(2 \cdot g)$	0,129	m
h _d	Ventil, bend, uforusett tap	$k_d \cdot v^2/(2 \cdot g)$	0,039	m
h_{tap} ≤ tilgjengelig nivåforskjell			0,270	

Nødvendig rørdimensjon Heiåi - halv trykkehøyde

Prosjekt	Minstevannføring Hjørdøla	Prosjektnummer	10247727		
Kunde	Skagerak Kraft AS	Prosjektleder	Jørgen S. Larsen	Versjon	Rev

Kontroll av vannføring i henhold til NVEs inntakshåndbok



Figur 4-20 Definisjonsskisse for tapperør

For tapperøret kan vi gjøre flere forenklinger, fordi vannføringen gjennom røret er liten så blir vannhastigheten i snitt 1 så lav at vi kan anta at $\frac{V_1^2}{2g} = 0$. I tillegg plasserer vi referansenivået i høyde med utløpet av røret, og måler begge dybdene, H_1 og H_2 derfra. Da blir $Z_1 = Z_2$, slik at Bernoullis likning kan forenkles til:

$$H_1 = H_2 + \frac{V_2^2}{2g} + H_{\text{tap}} = H_2 + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot A_2^2} + H_{\text{tap}}$$

$$H_1 = H_2 + \frac{Q^2}{2gA_{\text{rør}}^2} + \frac{Q^2 \cdot L}{M^2 \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{4/3} \cdot A_{\text{rør}}^2} + k_{\text{inn}} \cdot \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot A_{\text{rør}}^2}$$

Snur vi om på uttrykket så vi får vannføringen, Q , alene på venstre siden, får vi:

$$Q = \sqrt{\frac{(H_1 - H_2) \cdot A_{\text{rør}}^2}{\left(\frac{L}{M^2 \cdot R_h^{4/3}} + \frac{k_{\text{inn}} + 1}{2g}\right)}} = \sqrt{\frac{(H_1 - H_2) \cdot \left(\frac{D^2}{4} \pi\right)^2}{\left(\frac{L}{M^2 \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{4/3}} + \frac{k_{\text{inn}} + 1}{2g}\right)}}$$

Dette uttrykket kan vi ikke løse direkte, så det enkleste er å prøve ulike diametre til man finner et rør som gir stor nok vannføring. Hvis innløpet begrenser kapasiteten (innløpskontroll) kan kapasiteten være mindre enn det vi beregner med Bernoullis likning, se avsnitt 4.6.2.

H ₁ - H ₂	Tilgjengelig nivåforskjell	0,50	m
k _{inn} +1	k _i +k _d +k _u	1,80	
L	Lengde rør	2,00	m
M	Manning	85,00	m ^{1/3} /s
D	Diameter rør	0,20	m
R _h	Hydraulisk radius, D/4	0,05	m
Q	Vannføring	0,068	m ³ /s
		67,98	l/s

Nødvendig rørdimensjon Heiåi - halv trykkehøyde

Prosjekt	Prosjektnummer		
Minstevannføring Hjartdøla	10247727		
Kunde	Prosjektleder	Versjon	Rev
Skagerak Kraft AS Skagerak Kraft AS	Jørgen S. Larsen		

Innløpskontroll fra inntakshåndboken

4.6.2 Innløpskontroll

For korte tapperør med skarpkantet (90°) hjørner i innløpet, for eksempel rør som er kappet i plan med oppstrøms damvegg, kan det være kapasiteten til innløpet til røret som begrenser vannføringen. Uten en grundig beregning bør man ikke anta at kapasitet er større enn det som følger av uttrykket under, selv om beregningsmåten som er beskrevet i avsnitt 4.6 gir større kapasitet:

$$Q = AV = C \frac{D^2}{4} \pi \sqrt{2 \cdot g \cdot H_1}$$

Kontraksjonskoeffisienten, C , er ca. 0,6, og de andre variablene er som beskrevet i avsnitt 4.6. Hvis innløpet til røret er godt avrundet har det vanligvis ikke innløpskontroll.

C	Kontraksjonskoeff.	0,6	$m^{1/3}/s$
H1	Tilgjengelig nivåforskjell	0,50	m
D	Diameter rør	0,20	m
Q	Kapasitet $\geq 0,05$	0,059	m^3/s
		59,04	l/s

Kommentar

Beregningene viser at et rør med dimensjon 200 mm vil ha tilstrekkelig kapasitet til å slippe gjennom minst 50 l/s når tilgjengelig nivåforskjell er halv trykkehøyde (0,5 m).

Kapasiteten er beregnet til 68 l/s ved Bernoullis ligning og 59 l/s ved innløpskontroll.

Det er lagt til grunn at det skal benyttes et stålrør med antatt Manningstall = 85. For å få innløpskoeffisient = **0,5** er det nødvendig med en konus i inntaket slik at man unngår 90° skarpkantet innløp.

Vedlegg 4.3: Dimensjonering av måleprofil

Dimensjonering av måleprofil Minstevannføring Hjartdøla

Bjordøla	m3/s	l/s
Krav sommer	0,07	70
Krav vinter	0,04	40
Heiåi	m3/s	l/s
Krav hele året	0,05	50

h (cm)	Q (l/s)
1	0,0
2	0,1
3	0,2
4	0,4
5	0,8
6	1,2
7	1,8
8	2,5
9	3,3
10	4,3
11	5,5
12	6,8
13	8,3
14	10,0
15	11,9
16	13,9
17	16,2
18	18,7
19	21,4
20	24,3
21	27,5
22	30,9
23	34,5
24	38,4
25	42,5
26	46,9
27	51,5
28	56,4
29	61,6
30	67,0
31	72,8
32	78,8
33	85,1
34	91,7
35	98,6

Bjordøla vinter

Heiåi hele året

Bjordøla sommer

