



Forshuvudforsen Dam Safety Actions

Generation Division
Fortum Sverige AB
Date: 24/10/2023

Fakta, Forshuvudforsen HPP, Dam Safety Actions

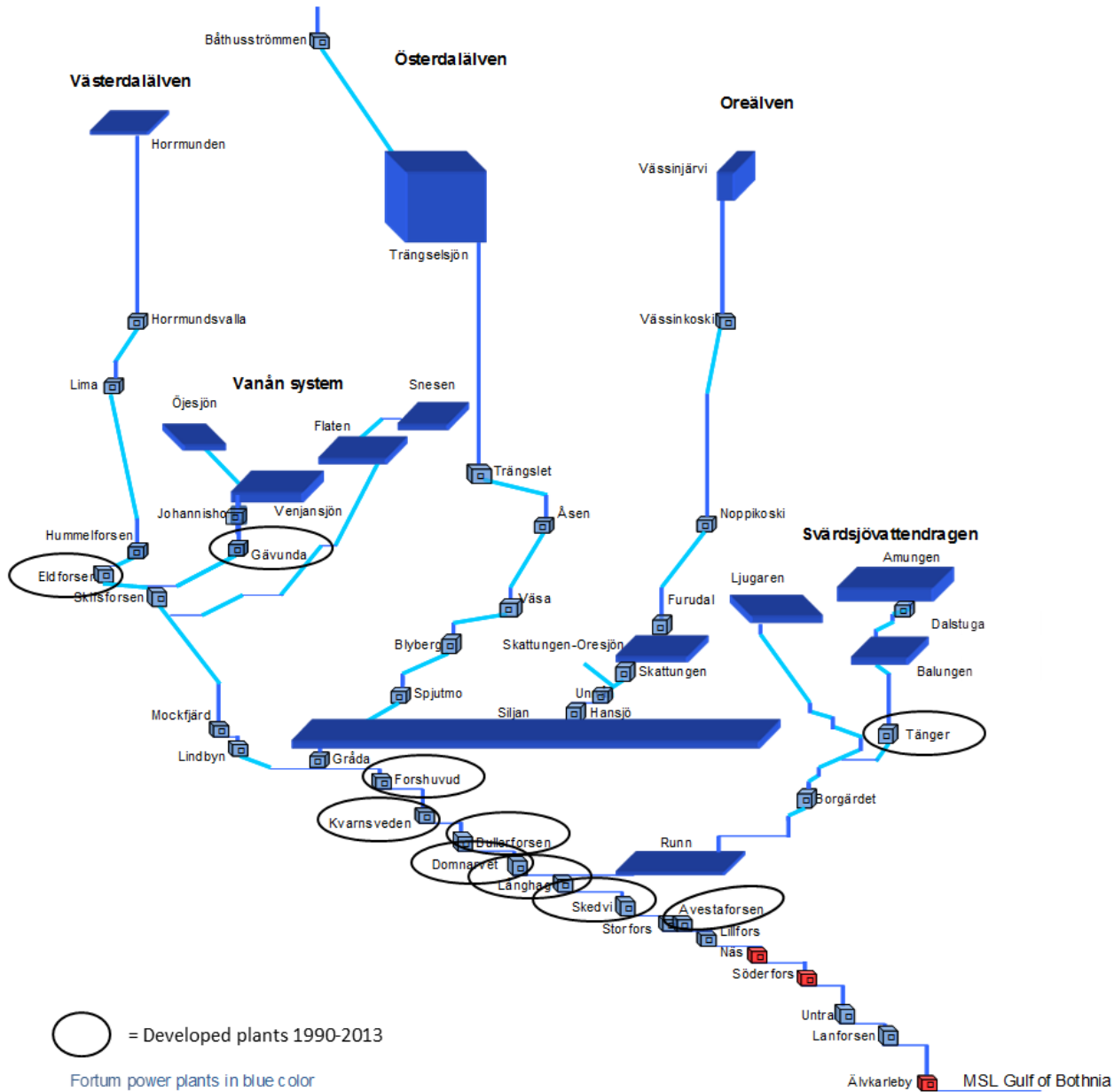
Hydropower plant

Idrifttagen	G1 1990, G2 1998
Ägare	100% Fortum
Älv	Dalälven
Uppströms HPP	Gråda (Fortum), Lindbyn (Fortum)
Nedströms HPP	Kvarnsveden
Turbine typ	Kaplan (G1,G2)
Antal maskiner	2
Maximum power output	44 MW
Medelproduktion	229,2 GWh/a
Fallhöjd	10,7m
Drivvattenföring	500 m ³ /s

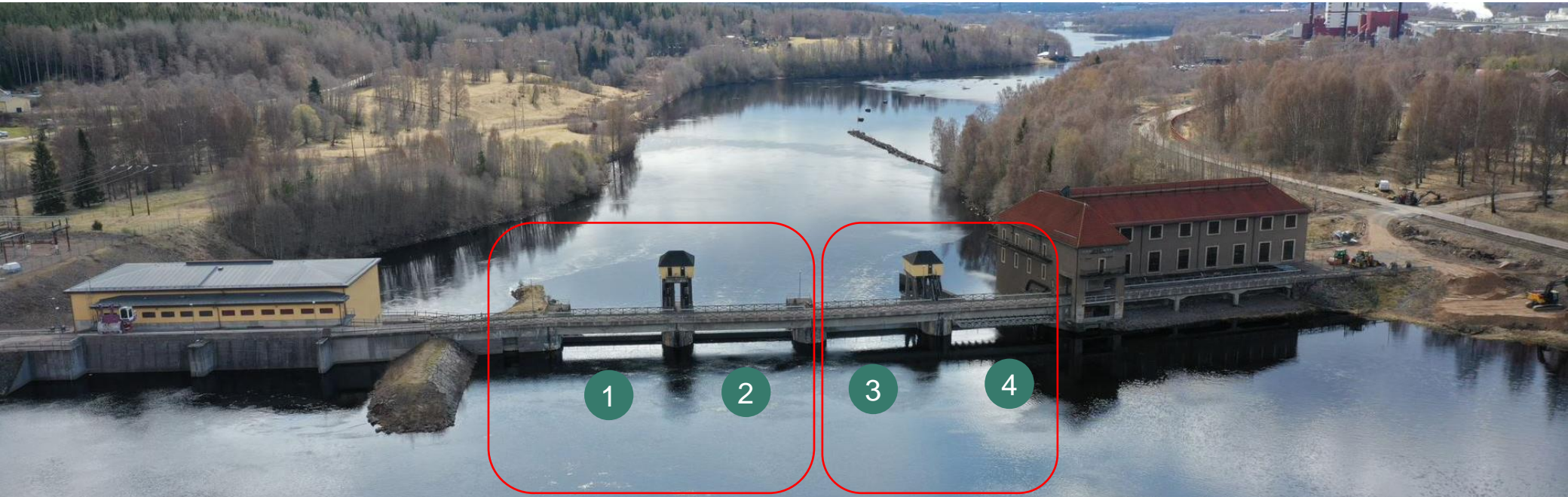
Dam

Typ	Jorddammans anslutningar, betongdamm Stensatt betongfylld utskovsparti
Byggår	1920
Indämd volym	20 Mm ³
MQ	283,6 m ³ /s
Q ₁₀₀	1660 m ³ /s (SMHI nya beräkningar 2019)
Q _{FLK1}	2425 m ³ /s
Utskovskapacitet	2047 m ³ /s (2290m ³ /s) 3185 m ³ /s (vid tät kärnans krön)
Utskov	1: 720 m ³ /s (650m ³ /s) 2: 720 m ³ /s (650m ³ /s) 3: 420 m ³ /s (650m ³ /s) 4: 187 m ³ /s (340m ³ /s)
Sänkningsgräns	+149,40m
Dämningsgräns	+150,39m
Tät kärnans krön	+153,00m
Dammkrön	+152,80m Spillway section
Dammlängd	271 m

Dalälven scheme



Forshuvudforsen



Industri och kraftstationer i närheten

Täkten:

Timmerupplag för Kvarnsvedens pappersbruk.

KP

Northvolt

Forshuvudforsen HPP:

Fortum Sverige AB

Kvarnsveden HPP:

Fortum Sverige AB

Bullerforsen HPP:

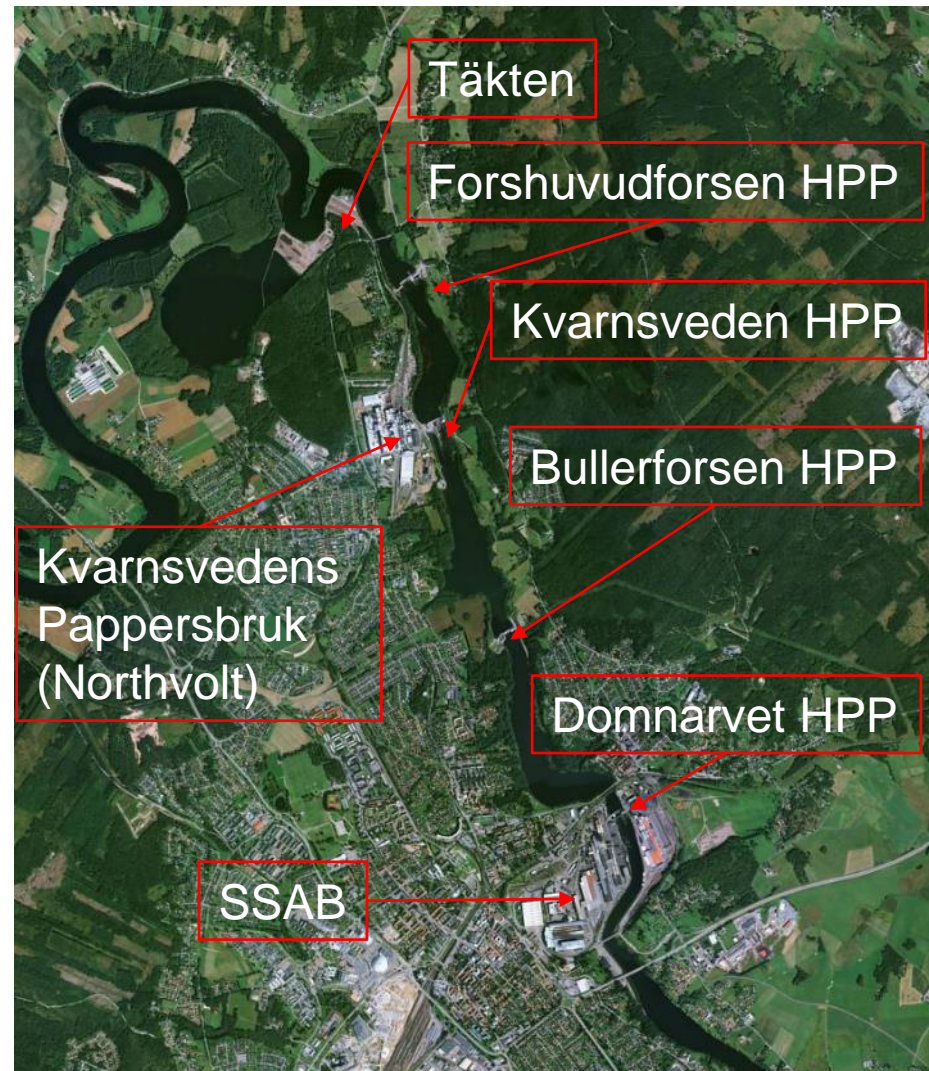
Bullerforsens Kraft AB

Domnarvet HPP:

Fortum Sverige AB

SSAB (Svenskt Stål AB)

Publikt aktiebolag
Stål produktion



Fas 1



Planerade arbeten i fas1

- Startar från högra stranden.
- Fångdamm uppströms och nedströms.
- Rivning av spelhus 2, skibord och del av pelare 3, 4 och 5.
- Bergschakt uppströms för säker grundläggning av förlängning av dammpelarna.
- Byggnation av nya pelare samt luckinfästningar och skibord.
- Installation av nya luckor.
- Idrifttagning nya luckor.
- Rivning av fångdamm.

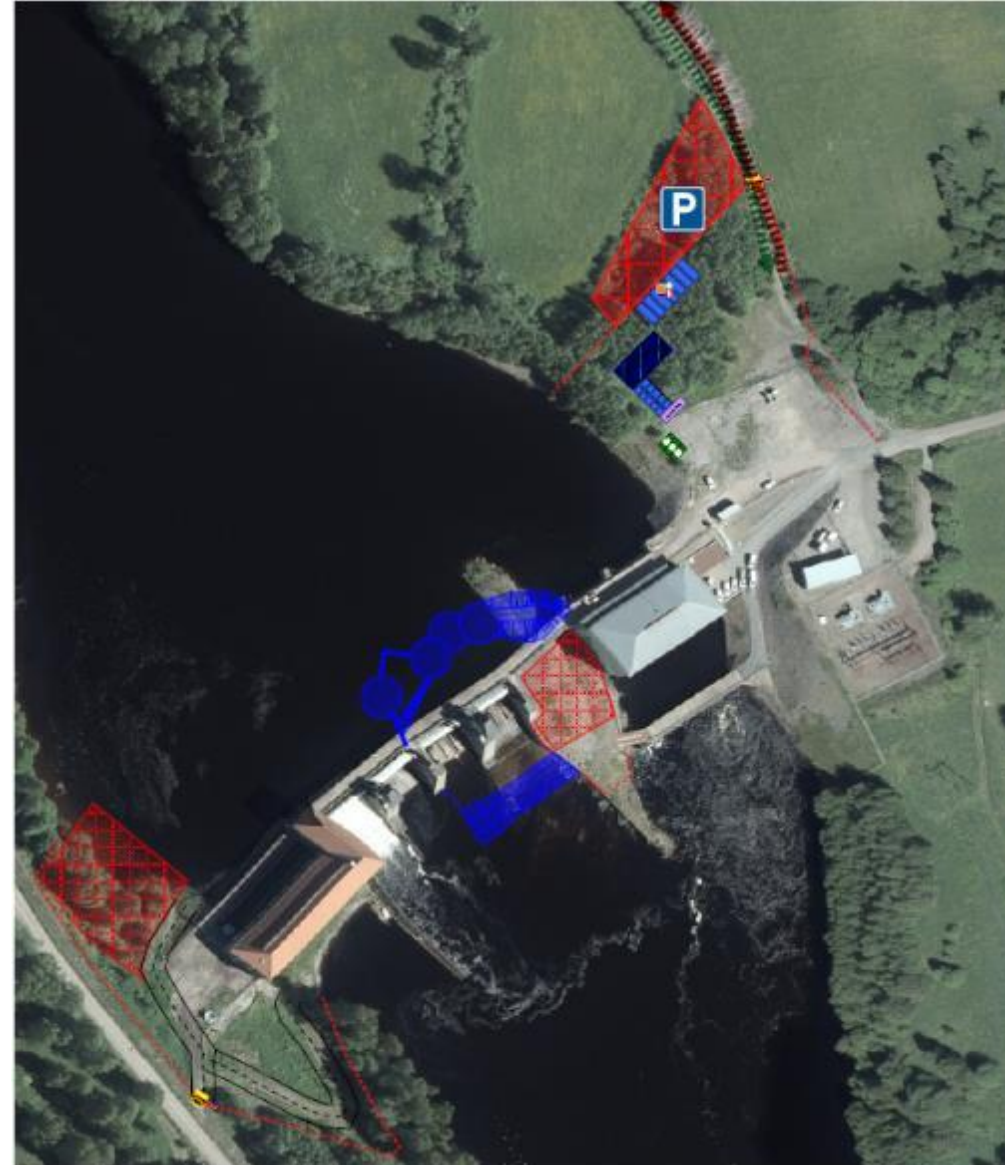
Start fas 2

Fas 2

Planerade arbeten under fas 2

- Fas 2 startar från vänstra stranden.
- Fångdamm uppströms och nedströms.
- Rivning av spelhus 1, skibord och del av pelare 1, 2 och 3.
- Bergschakt uppströms för säker grundläggning av förlängning av dammpelarna.
- Byggnation av nya pelare samt luckinfästningar och skibord.
- Installation av nya luckor.
- Idrifttagning nya luckor.
- Rivning av fångdamm.

Klart!



Byggmetoder 1918

Räls för Decauville
vagnar

Störtrör

Gjutning, pelare 1.

Pelare I och II sedda från provisoriska bron
10 november 1918

Byggmetoder 1918

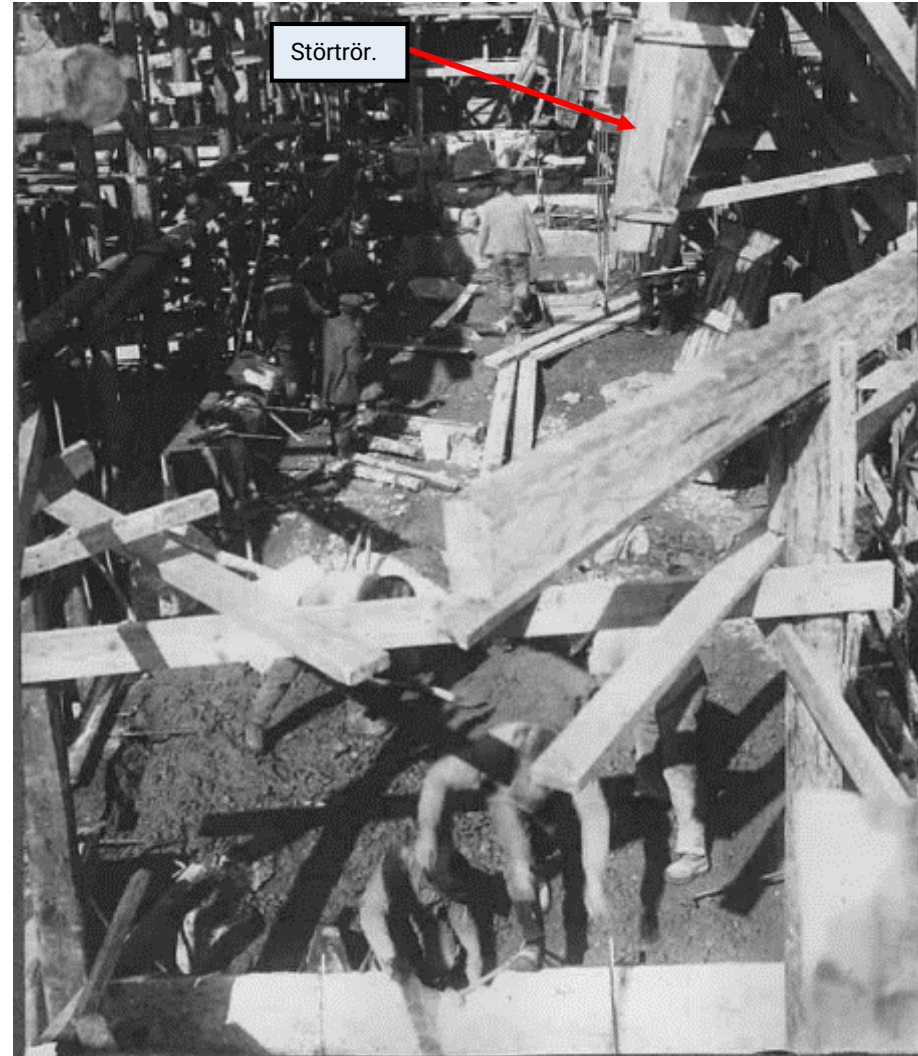
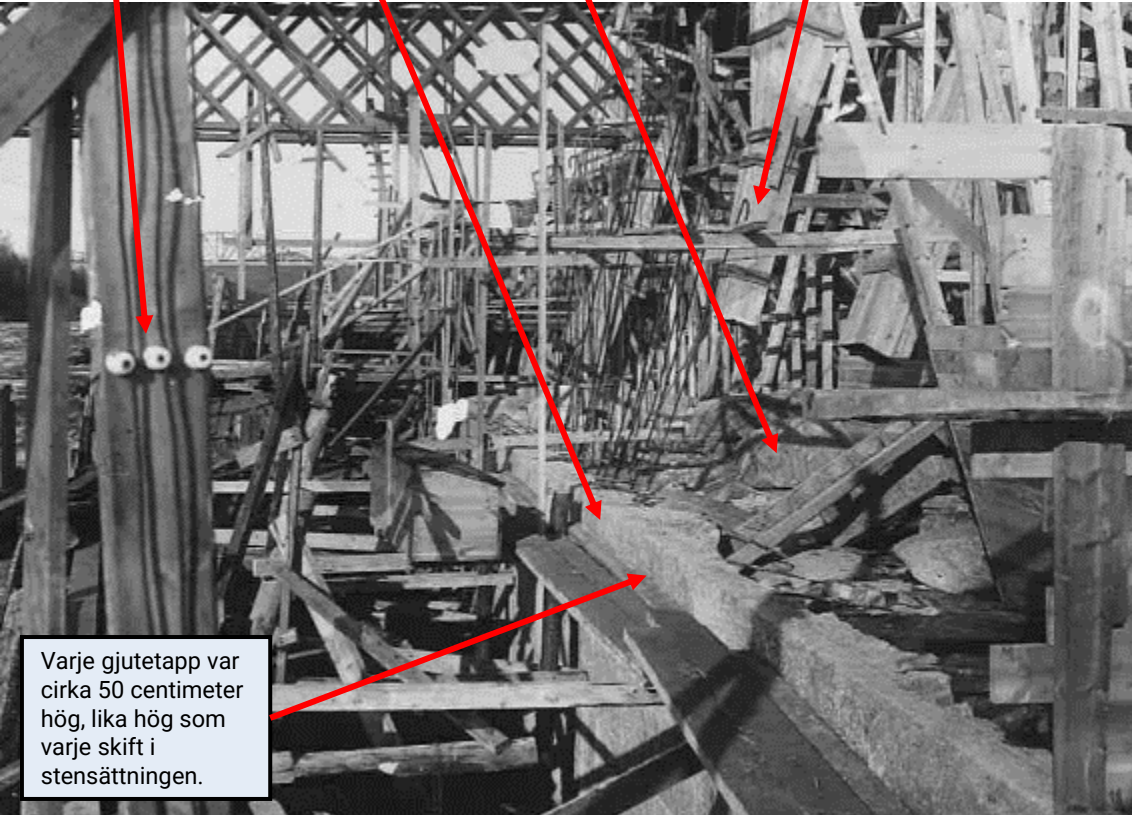
Byggströms-
montage
1918

Stensättning
används
som form.

Sparsten har
lagts ut på den
hårda
betongytan.

Störtrör.

Varje gjutetapp var
cirka 50 centimeter
hög, lika hög som
varje skift i
stensättningen.



Pelare II under murning, sedd från nedre fängdamm
12 april 1918

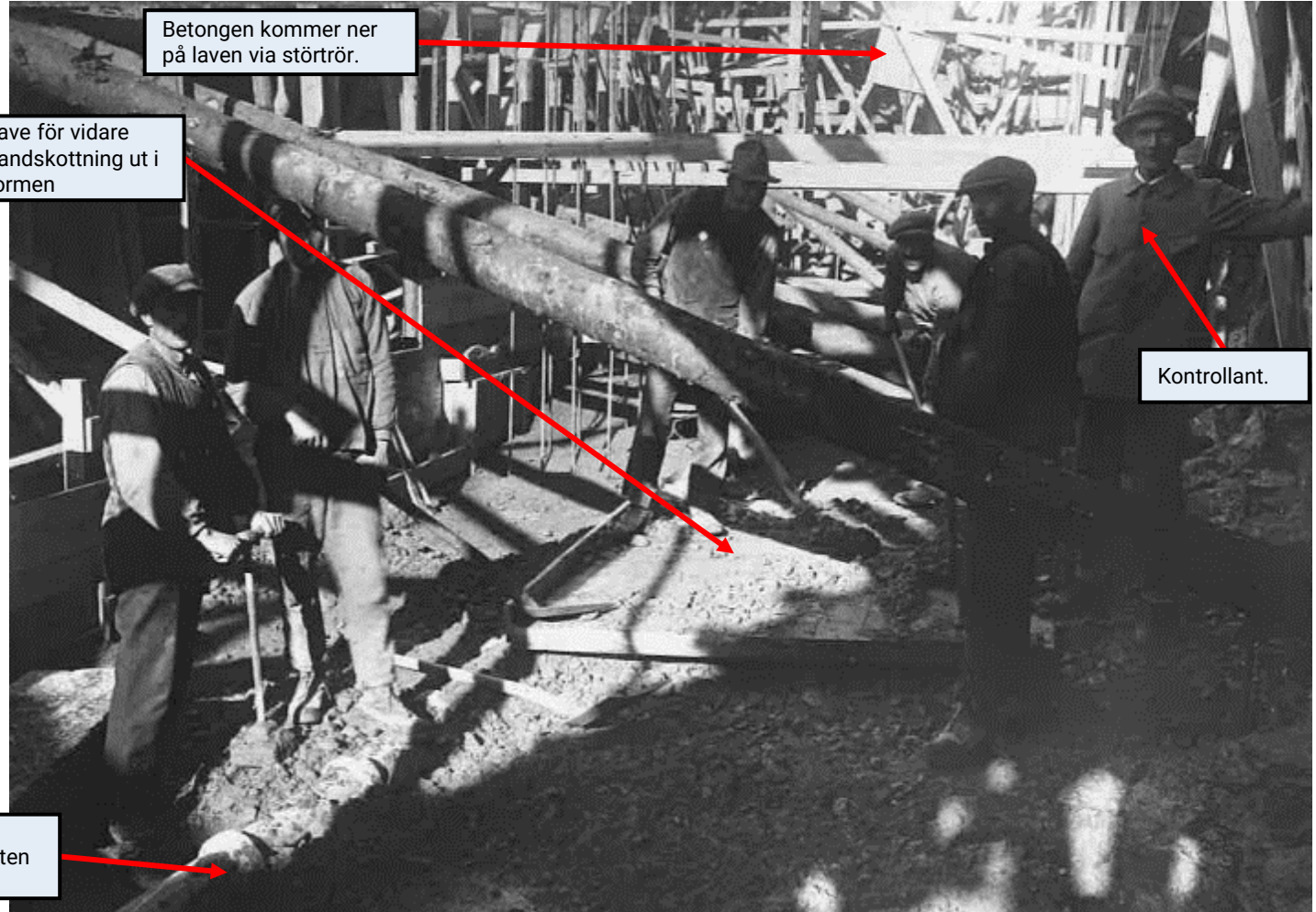
Byggmetoder 1918

Betongen levereras via störtrör ner på en lav, sedan skyfflas den för hand ut i formen.

Notera handstampen, för kompaktering av betongen, som mannen till vänster håller i, en gjuten fyrkantig järnklump med uppstickande rör och en träknarvel högst upp som handtag.

Notera även halvvrören som ligger i botten, dessa gjuts in för att avleda uppstigande portrycksvatten, från berget, och därmed förhindra hydrauliskt upptryck under dammpelaren.

Kontrollanten står i bakgrunden med vit skjorta lutandes mot ställningen.



Betongen levereras via störtrör ner på en lav, sedan skyfflas den för hand ut i formen.

Notera handstampen, för kompaktering av betongen, som mannen till vänster håller i, en gjuten fyrkantig järnklump med uppstickande rör och en träknarvel högst upp som handtag.

Notera även halvvrören som ligger i botten, dessa gjuts in för att avleda uppstigande portrycksvatten, från berget, och därmed förhindra hydrauliskt upptryck under dammpelaren.

Kontrollanten står i bakgrunden med vit skjorta lutandes mot ställningen.

Halvrör för dränage av vatten från berget.

Betongen kommer ner på laven via störtrör.

Lave för vidare handskottning ut i formen

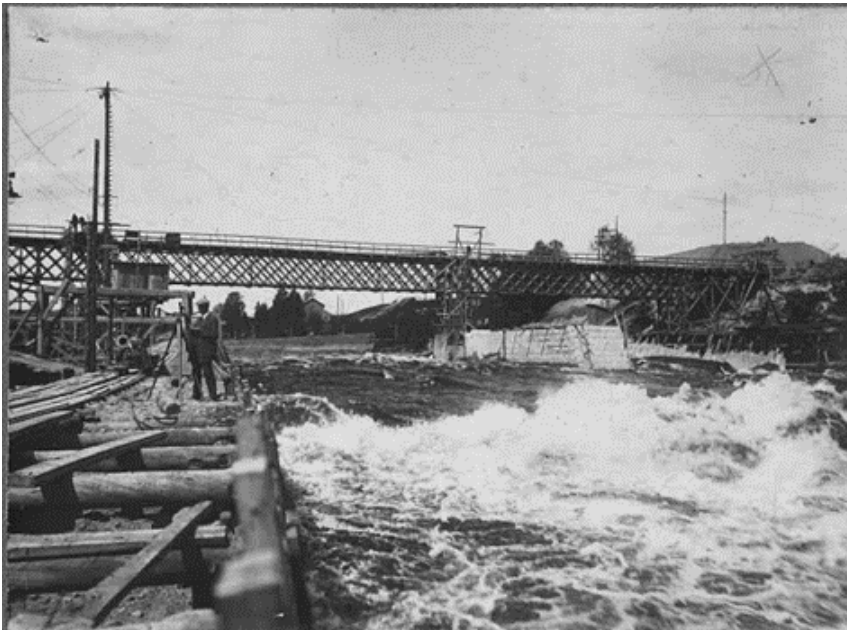
Kontrollant.

- Cementpriset var för tiden högt varför betongblandningen gjordes mager. Ett blandningsförhållande på 1 del cement 4 delar sand och 6 delar makadam användes, 192 kg cement till en kubikmeter betong. Detta kan jämföras med att vi idag använder cirka 330 kg cement till varje kubikmeter betong samt har bra betongvibratorer för att kompaktera betongmassan.
- Publikationen nämner att betonggjutningarna övervakades av särskilda kontrollanter, "vilka icke fingo lämna gjutningsplatsen".

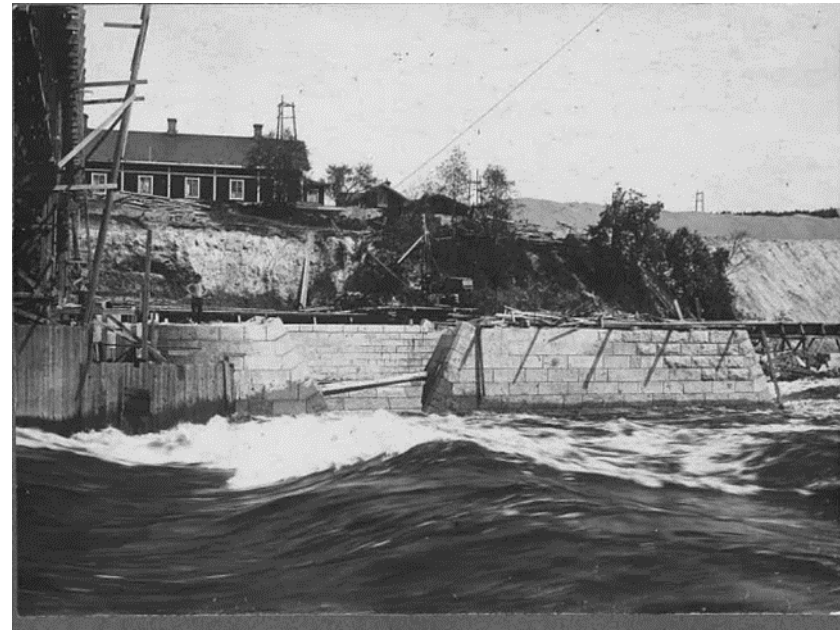
Byggmetoder 1918 samt tidigare renoveringar

Vad har hänt under de mer än hundra år som gått?

- Dammen har i omgångar utsatts för reparationer. Varav de av större omfattning är:
- Under 1980-talet lossnade hela stensättningen i tröskelläget vid utskov 3, läckaget vid stängd lucka var cirka 30 m³/sek. Reparationsarbetet blev omfattande.
- Speciellt dammpelarna har genomgått ett antal omgångar med försök till tätning medels cementinjektering. Tyvärr har dessa injekteringar även fyllt pelarnas dräneringsrör med cement.

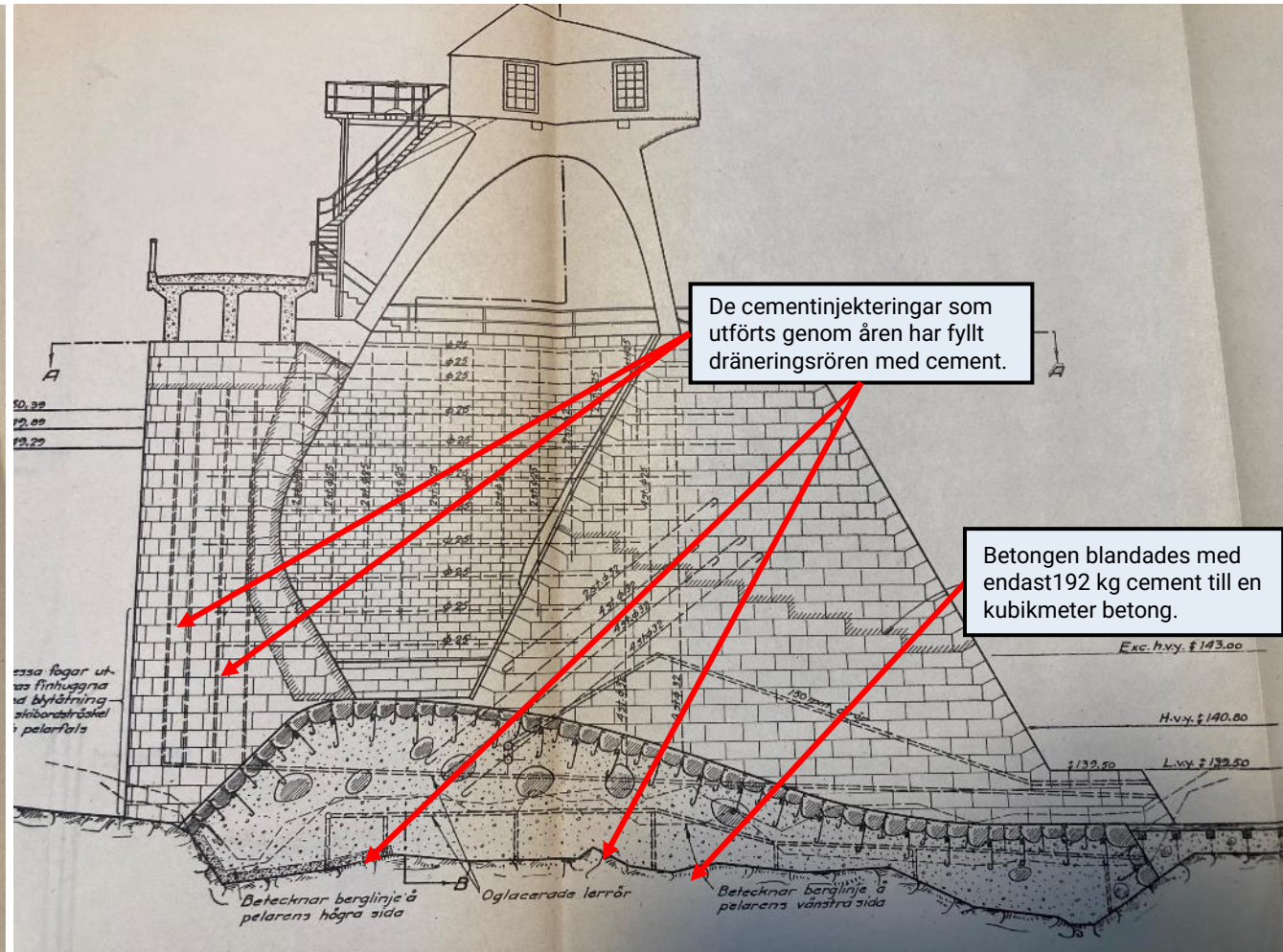
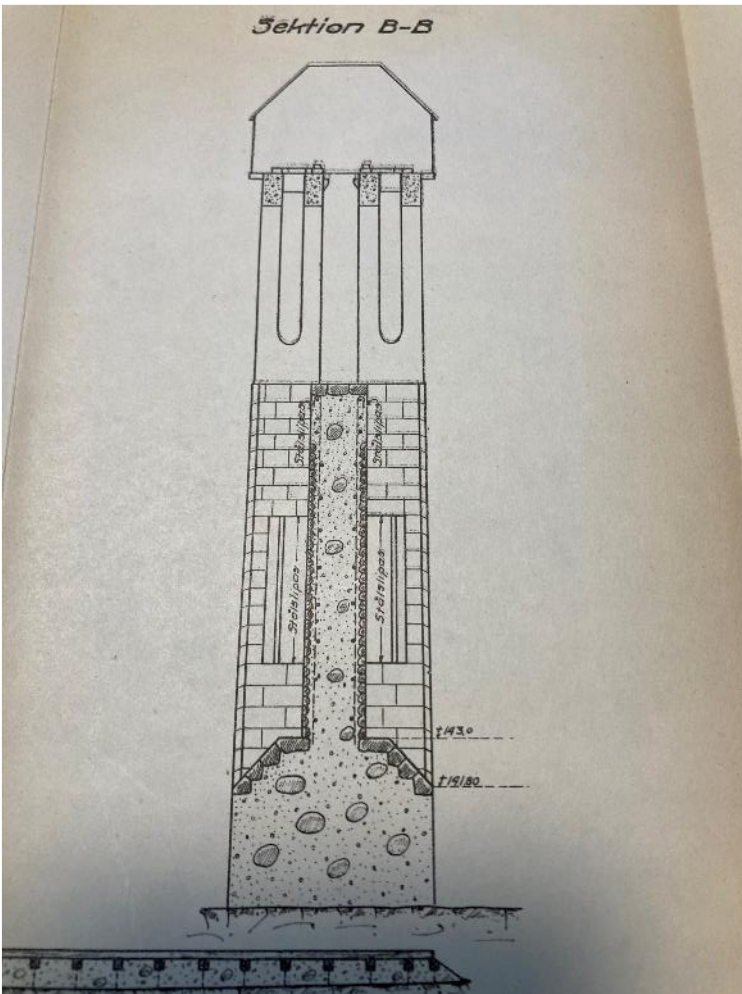


Bron och pelare II sedda från nedre ändpunkten af högra fängdammens. 29 maj 1918



Pelare II sedd från högra fängdammens. 29 maj 1918.

Byggmetoder 1918



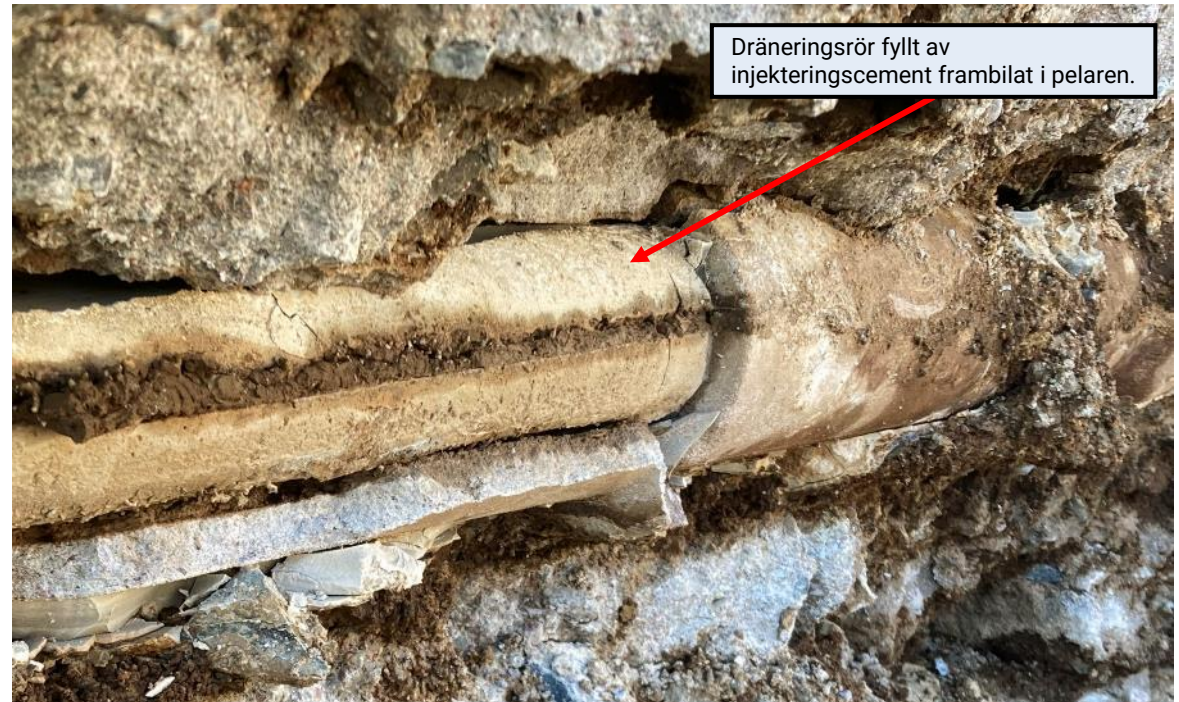
- Problem med kvalitét med ballast från grustäkt. Man fick byta grustäkt under byggets gång.
- Efter en tids användning av en enkel betongblandningsstation etablerades en större som hade en kapacitet av 20 m³ i timmen. Den färdiga betongen drog en kostnad av 3:-/m³.

Byggmetoder 1918 samt tidigare renoveringar

Funderingar

- Dåtidens gjutteknik är förståelig men helt oacceptabel med dagens kunskap och teknik.
- Det ensidiga vattentrycket började ganska omgående laka ur betongens cementpasta men fördröjdes delvis av det system med dräneringsrör som gjutits in i dammpelarna.
- De kampanjer med cementinjektering, som utförts genom åren, har fyllt dräneringsrören med cement som gjort att de satts ur funktion. I och med detta har urlakningen av betongen accelererat till större områden och då främst till dammpelarnas bottenpartier.

Dessa antagande kan bekräftas av det vi nu ser i pelare 4 och pelare 5.



Forshuvudforsen

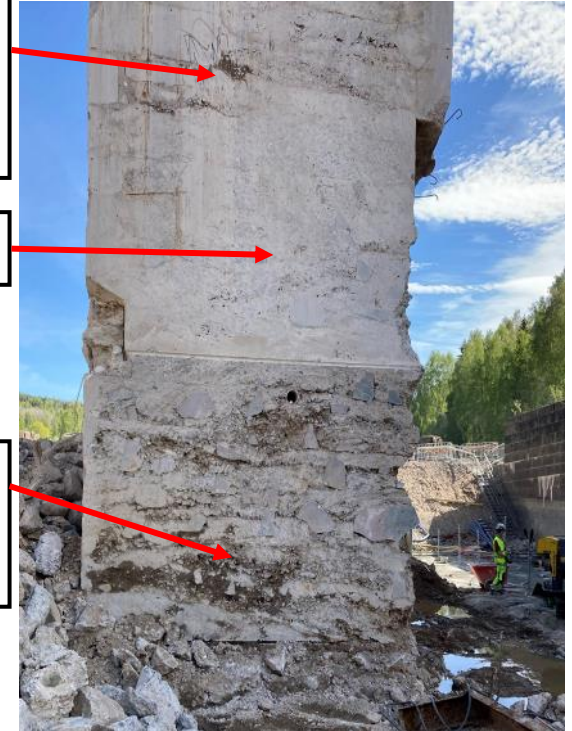
Betongkvalitet i befintliga pelare

- Betongen i de befintliga pelarna visade sig vara av mycket sämre kvalitet än befarat vilket har lett till att en hel del om design av ursprungss designen som baserades på resultat från borrkärnor tagna under förstudien.
- Pelare 4 revs i sin helhet, skibord 3 och 4 revs ner till berg pelare 5 stöttas inifrån gamla kraftstationen.
- Pelare 3 försågs med temporär stöttning under byggtiden för att säkerställa full funktion av utskov 2.
- Fas 2: Ytterligare borrprover har tagits ur pelare 1 och 2 samt ur skibord 1 och 2 och vi har beslutat att riva dessa ner till berg för att spara tid och kostnader.

Förväntad
betongkvalitet
med fickor av
dålig betong.

Acceptabel
betong kvalitet.

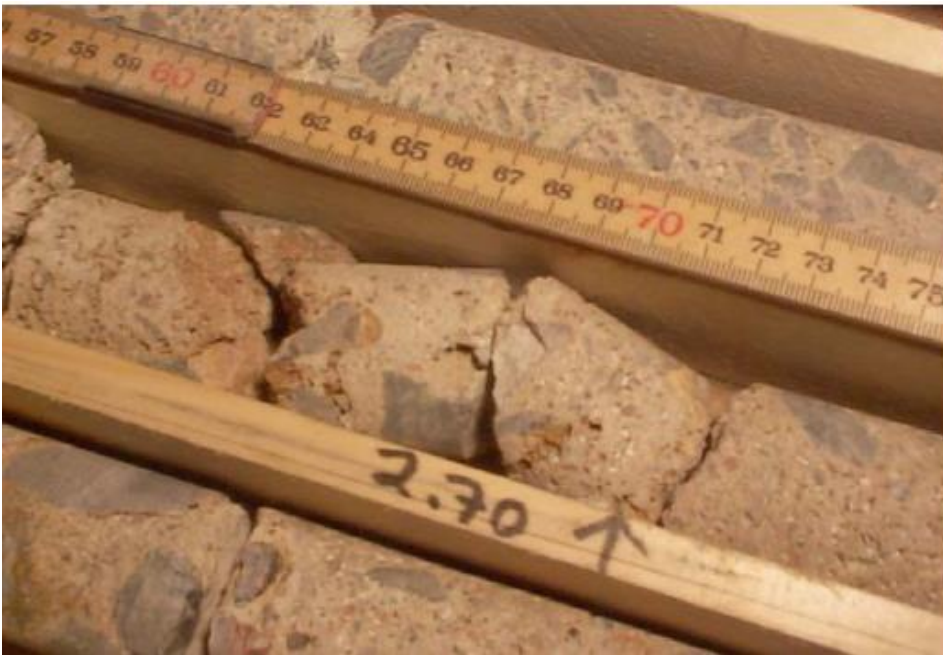
Väldigt dålig
betongkvalitet i
hela tvärsnittet



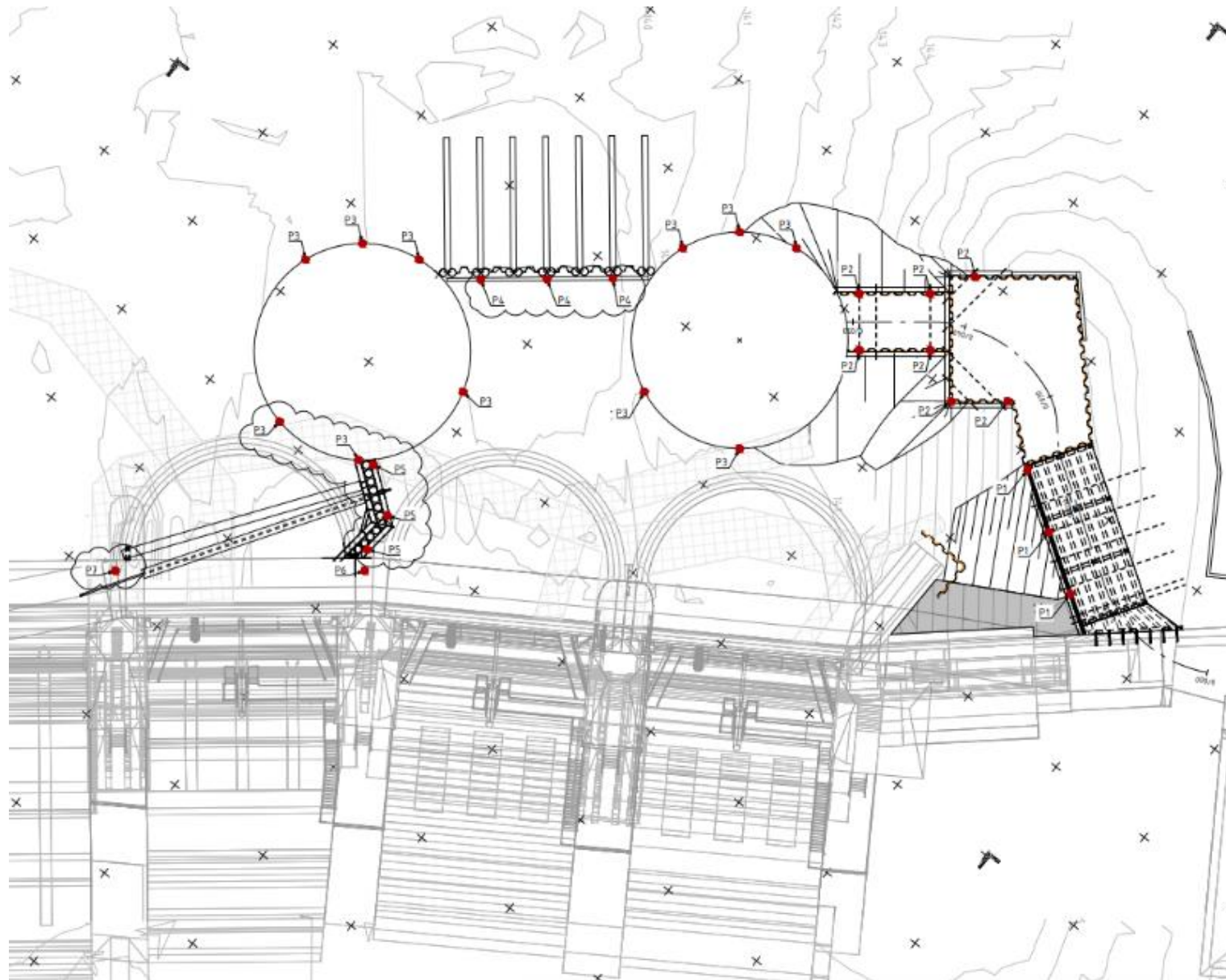
Forshuvudforsen Undersökningar

Vad kunde vi förvänta oss?

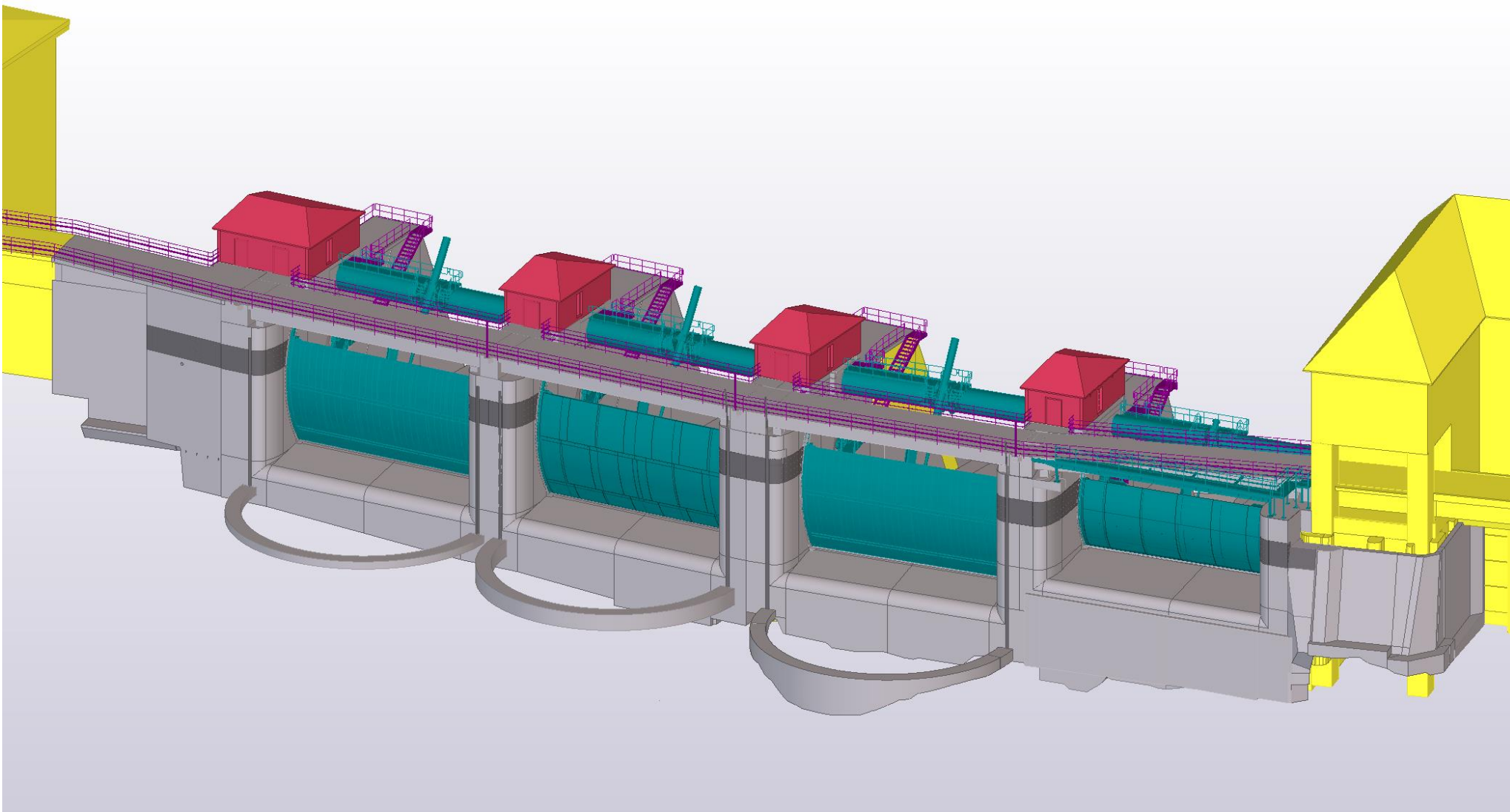
- Undersökningsborrningar visade på sprucken betong men med ändå i det mesta hela delar av borrkärnorna.
- Tryckhållfastheten var i de flesta fall acceptabel för det ändamål som den nya konstruktionen avsåg.
- Endast ett fåtal borrkärnor kunde borrar ut i pelarnas bottenparti och då i pelarnas nedströmsdelar. På grund av arbetsmiljöskäl samt att man ej kommer åt under befintliga luckor.
- Cementinjektering ansågs kunna fylla ut det spricksystem och dåliga partier som undersökningsborrningarna visade på.



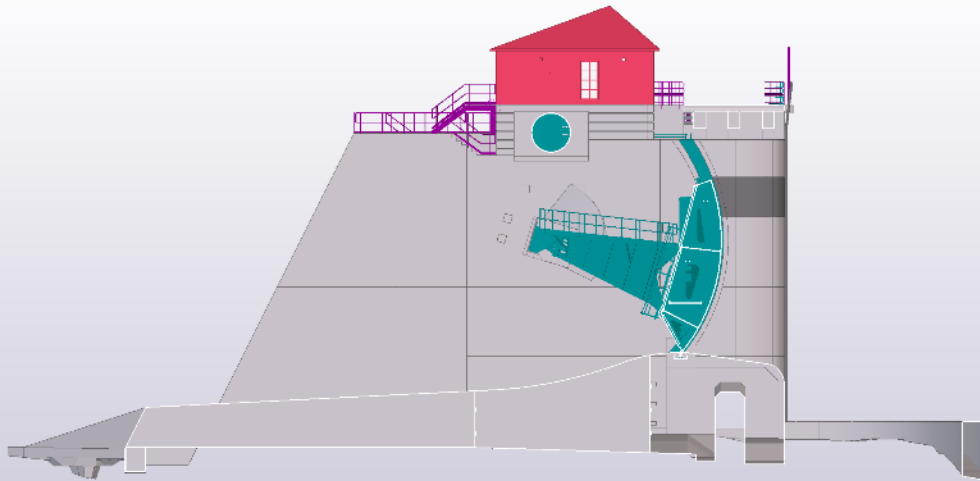
Fångdammar fas 2



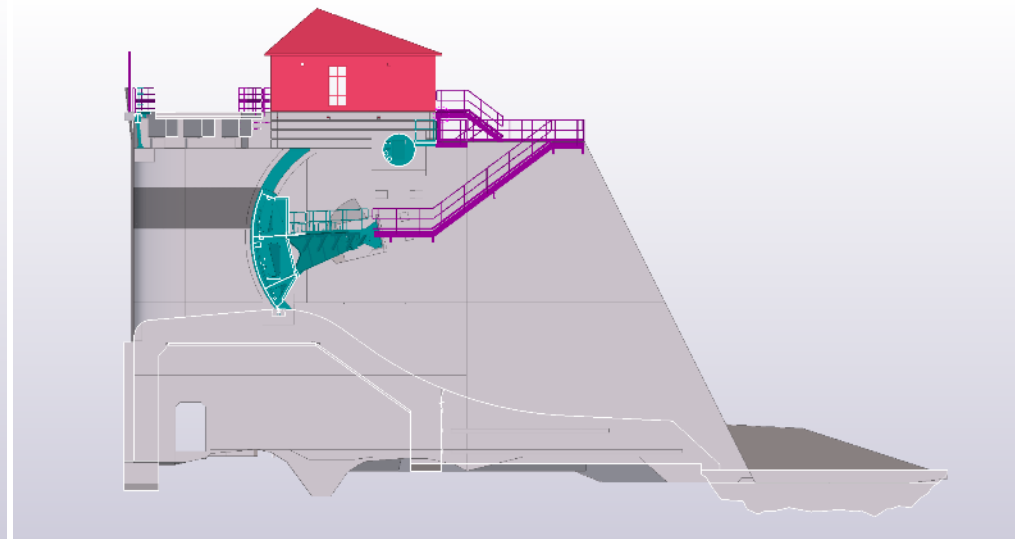
3d Modell



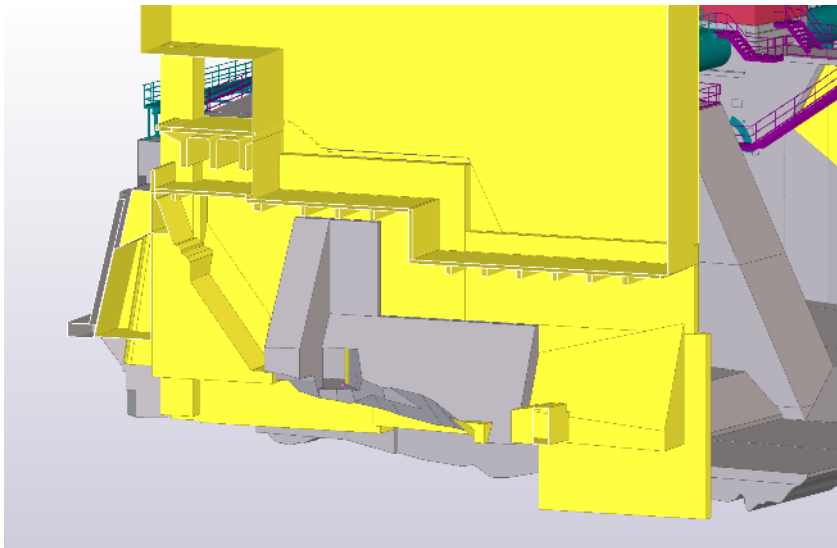
3d Modell



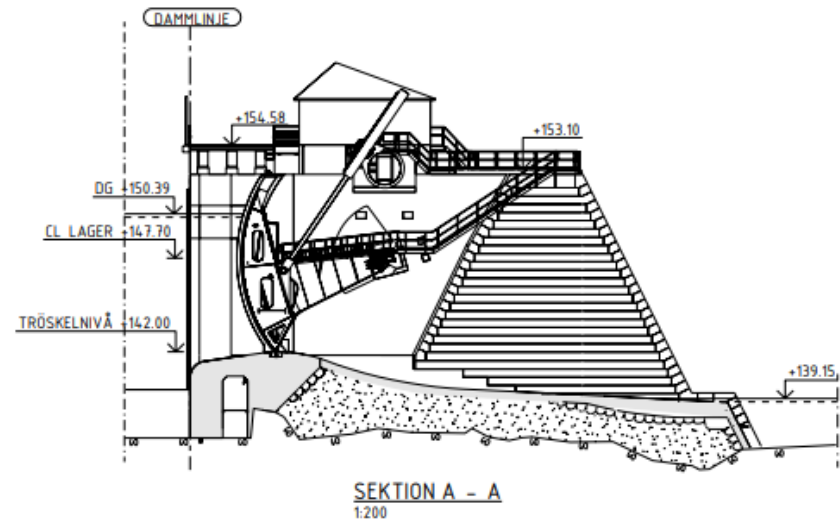
Pelare 4 sett från skibord 3



Pelare 4 sett från skibord 4



18 Förstärkningar pelare 5 (del av gamla kraftstationen)



Tänkt design från början

Forshuvudforsen Entreprenörer

Entreprenörer och Konsulter

Konstruktion

- WSP (Civil and Mechanical)

Bygg

- NCC (Partnering contract)

Luckor

- MVUSAB
- Gullänget

Hydraulik

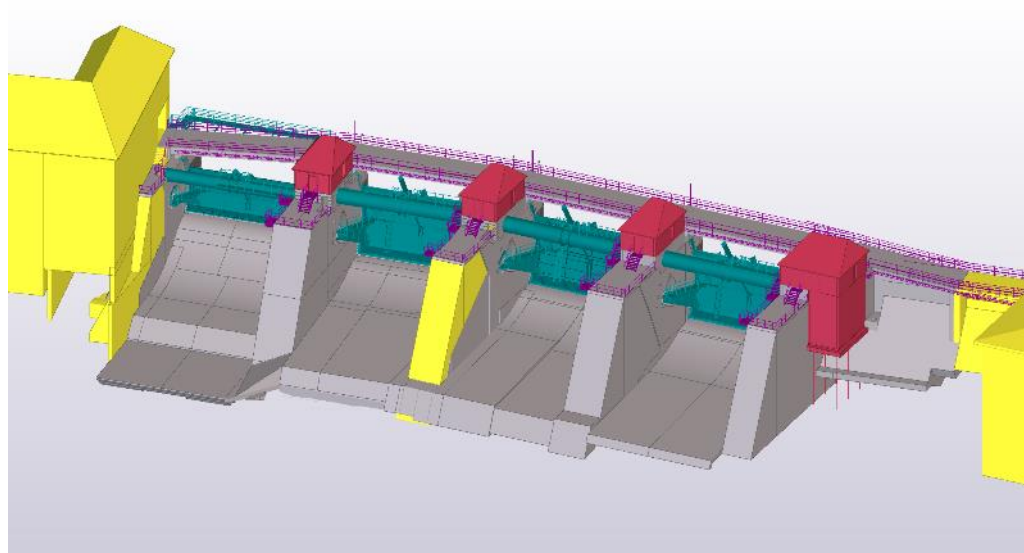
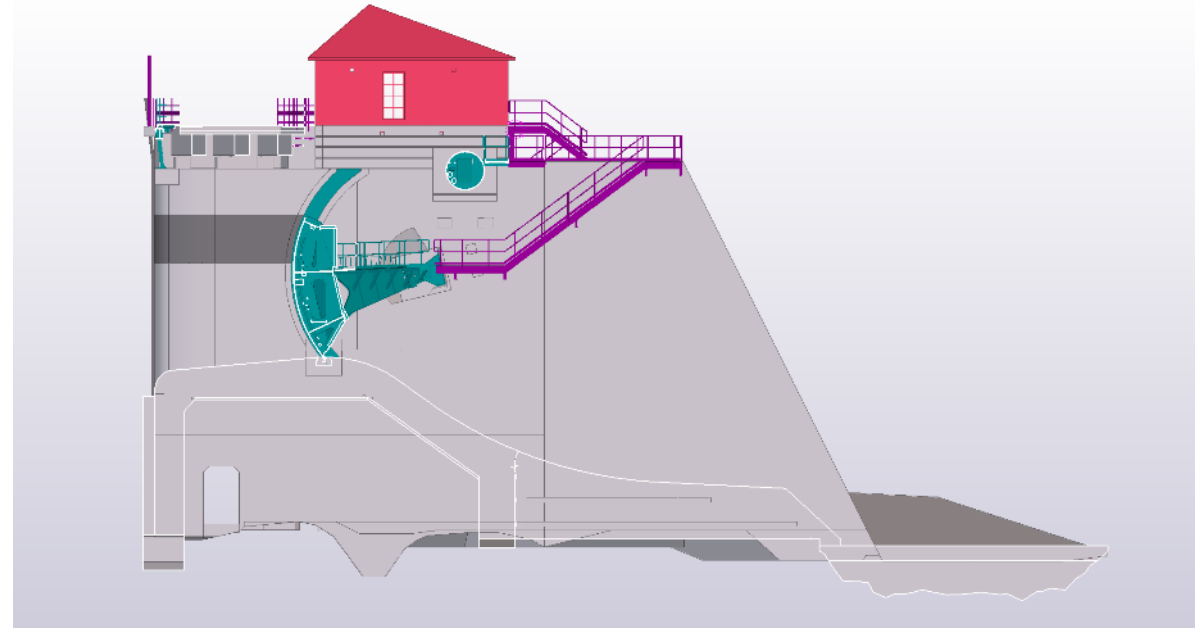
- Mobin

EL och kontroll

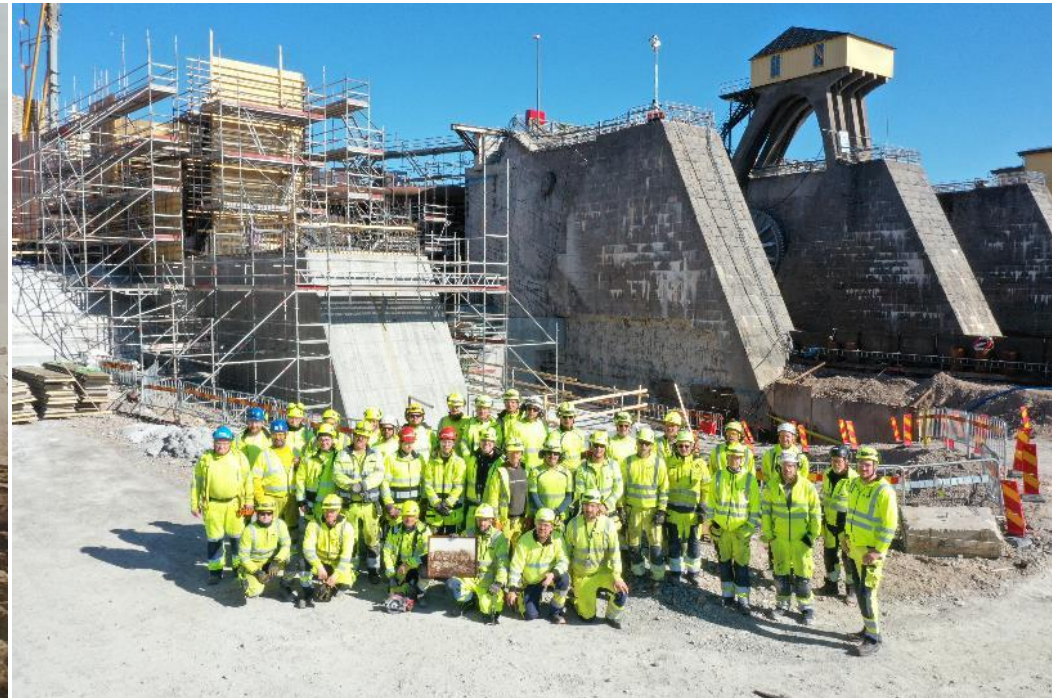
- One-Nordic

Site support

- Vattenrallarn



Construction team 1918 and 2023



- Som mest var det 365 personer som jobbade på bygget 1918-20.
- Hitintills har det som mest varit runt 35 yrkesarbetare samtidigt.

