

# Ludvika Kraftstation

## Historia och ombyggnation

Västerbergslagens Ingeniörsklubb

2018-09-17

Tommy Hjort

*tommy.hjort@cervuspower.se*

# Bakgrund

- Industriellt brukande av naturkraften i Kolbäcksåns vatten sträcker flera hundra år tillbaka i tiden, i vart fall till under 1400-talet. Man byggde dammar och lät vattnet driva blåsbälgar i hyttor, stånghammare i smedjor, kvarnar, sågar, pumpar samt för flottning och annat.
- Ån var mycket viktig för transporter, men omlastningar av godset fick ofta ske från en sjönivå till nästa. Det var först under andra halvan av 1700-talet som slussar byggdes förbi Norrström och Söderström mellan Mälaren och Saltsjön i Stockholm och i Strömsholms Kanal mellan Smedjebacken och Mälaren för att effektivisera transporter av främst stångjärn och liknande.
- Sammantaget kan man konstatera enligt ovan att vandringsfisk därmed har haft problem i sin framfart under flera hundra år och således har nya ekosystem bildats.

# Nätfrekvenser I

- Överföringen till Grängesberg Gruvor från kraftstationerna Hellsjön (1893), Enkullen (1897) och Lernbo (1899) hade 70 Hz.
- För att inte locka kunder att spela ut kraftbolagen mot varandra valdes 40 Hz för Ludvika Kraftstation (1901) och därmed för de anslutna kraftstationerna Loforsen (1912), Nyhammar (1914), Vännebo (1915) samt Sunnansjö (1917).
- Det fanns en belysningsmaskin i Ludvika Kraftstation för 100 Hz, som försörjde båggljuslampor i industri samt publika och kommersiella sammanhang.

# Nätfrekvenser II

- Överföringen till Grängesberg Gruvor från kraftstationerna Hellsjön, Enkullen och Lernbo bytte ca 1910 till 60 Hz för att kunna samköra med kraftstationerna i Mockfjärd och Avesta.
- Frekvensbyte medför att turbinen inte längre är optimerad, ger lägre verkningsgrad och leder till rätt omfattande kavitation. Därför bytte man maskiner så snart man hade råd.

# Nätfrekvenser III

- I slutet av 1920-talet kom nationella elnätet till trakten och då byttes 1930 en maskin i Ludvika till en för 50 Hz.
- Omläggning av nätfrekvens avslutades 1941 då den andra nya 50 Hz maskinen var på plats.
- Genom infasning mot nationella nätet fick man tillgång till haverireserv och torrårsreserv.

# Nätfrekvenser IV

- ASEA började sälja krafttransformatorer till USA på 1960-talet.
- De flesta leveransproven går att utföra vid 50 Hz och sedan räkna om till motsvarande värden för 60 Hz, men inte mätning av förluster.
- Från 1964 och till årsskiftet 1995/96 levererade en maskin i kraftstationen understundom kraft vid 60 Hz till provrummet via dedikerad kabel i Fredsgatan, i slutet av perioden endast när ABB:s omformare var ur funktion.

# Kontrakt

mellan *Aktiebolaget Ludwika Bruksegare*, här nedan kalladt bolaget, å ena, samt Herr

**Ludvig Hjort**, här nedan kallad abonnenten,

å andra sidan,

angående leverans af elektrisk ström.

§ 1.

Bolaget förbinder sig att från den <sup>16/</sup>~~1/~~ **1 Januari** 19 <sup>18.</sup>~~14~~ nedanstående villkor  
tillhandahålla abonnenten, för förbrukning i dennes ~~lokal, -våning- i huset-~~ **hus**

vid **Högberget** ~~gatan~~ i Ludvika, 40 perioders vaxel-  
ström af 110 volts spänning, för belysnings- eller uppvärmningsändamål, och till myckenhet af <sup>64.</sup>~~36~~  
watt, hvarför betalning erlägges i enlighet med omstående taxa.

§ 2.

Aktiebolaget Ludwika Bruksegare

Carl Roth / A. Thany

*Förestående kontrakt, hvaraf två exemplar äro utbländade och tagas  
Ludwika som ofvan.*

Ludvig Hjertqvist

*Egenhändliga namnteckningen intyga:*

Axel Hermin

Alma Winter



# Taxa

för förbrukning af elektrisk energi enligt strömbegränsare.

18 watt, kronor	5: 40 per år (motsvarande 1 st. 16 nj metallträdslampa)
28 " " "	8: — " " " " " 1 " 25 " "
35 " " "	10: — " " " " " 1 " 32 " "
40 " " "	11: 40 " " " " " " " " " " "
53 " " "	15: — " " " " " " " 1 " 50 " "
60 " " "	16: 90 " " " " " " " " " " "
70 " " "	19: 60 " " " " " " " " " " "
80 " " "	22: 50 " " " " " " " " " " "
90 " " "	25: 20 " " " " " " " " " " "
100 " " "	28: — " " " " " " " " " " "
120 " " "	33: 50 " " " " " " " " " " "
140 " " "	39: — " " " " " " " " " " "

~~36 watt 10:25~~

64 watt Kronor: 17.75 pr. år

# Elpris 1918 vs 2015

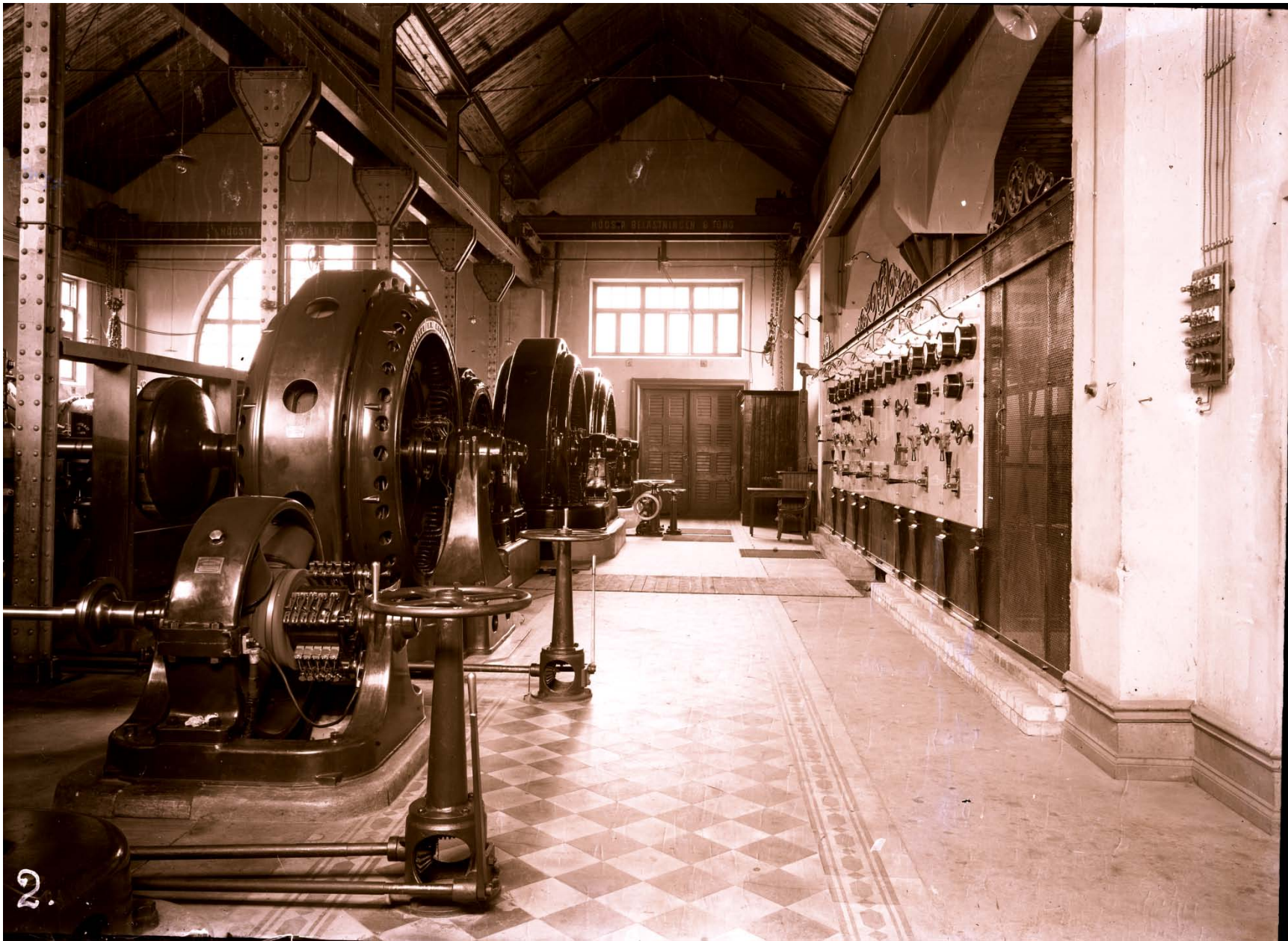
Elpris från 1918 omräknat till prisnivå 2015 via inflation, energiskatt och moms.

Vid genomsnittsanvändning i timmar per dygn:

- 2h: 9,36 kr/kWh
- 3h: 6,30 kr/kWh
- 4h: 4,77 kr/kWh



Francisaggregat 1901 – 1930/1941 (Belysningsmaskin i mitten)



I förgrunden en matare för magnetiseringsström till generator



Francisaggregat 1930/41 - 2006

# Turbinval inför ombyggnad 2007

Låg fallhöjd gör Kaplanturbinen till den lämpligaste typen. Den ger god verkningsgrad över brett flödesspann, men kräver negativ placering av löphjulscentrum. Kaplanturbinen uppfanns sent och därför var stationens turbiner ursprungligen och i tidigare ombyggnader av typ Francis.

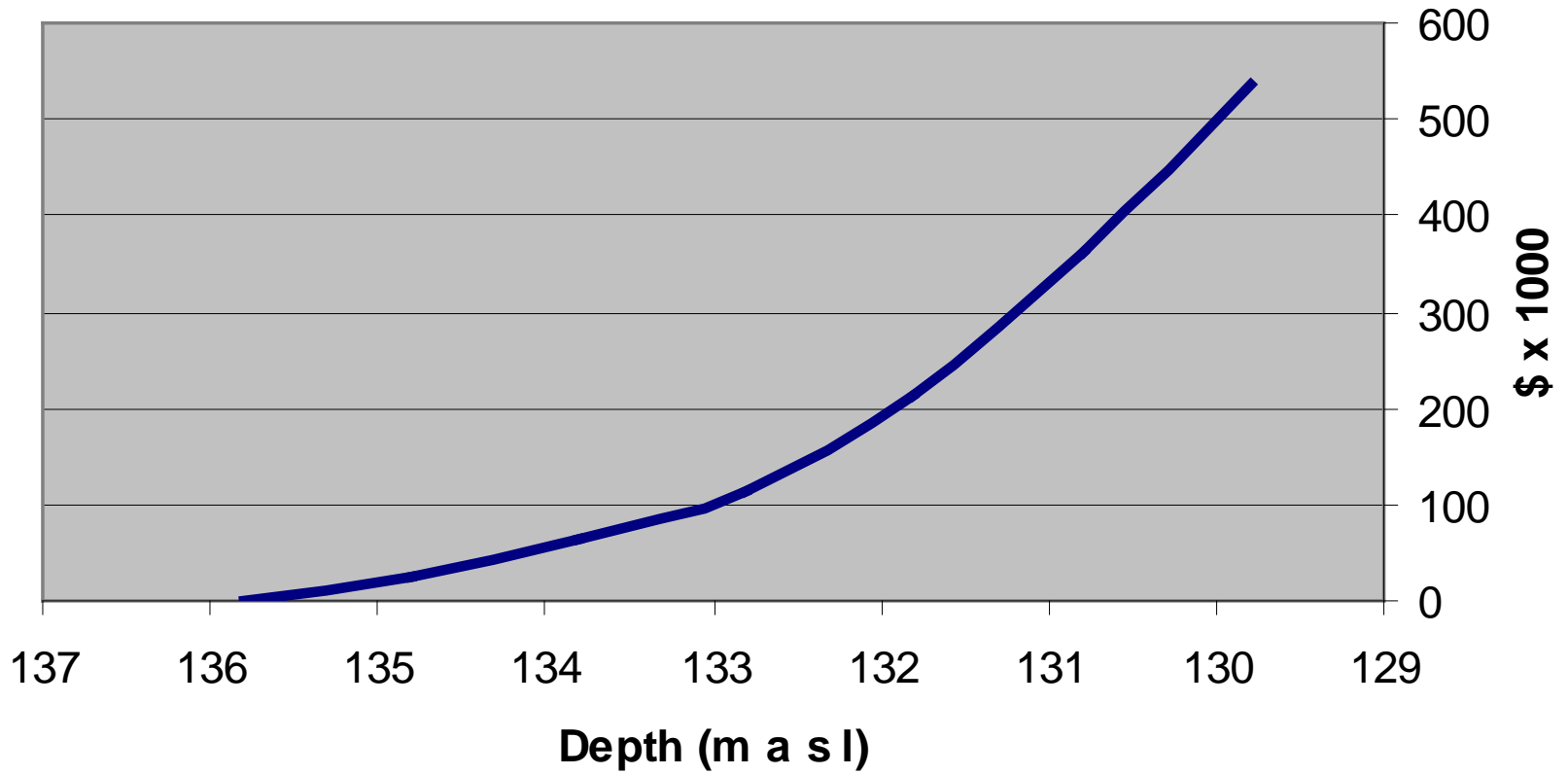


Kaplan



Francis

# Excavation cost



# Totaloptimering

## Krav i aggregatförfrågan:

- Totaloptimering med hänsyn till byggkostnadens eskalerande beroende av schaktens djup
- 200 start/stopp per år

## Vinnande anbud:

- Positiv placering av löphjulscentrum resulterande i:
  - Stor löphjulsdiameter
  - Lågt varvtal
  - Tung generator



# Huvudaktörer

- Projektering, specificering, upphandlingar VB Kraft
- Gränssnittsrapport VB Kraft
- Projektledning och kontroll VB Kraft
- Samordningsansvar VB Kraft
- Totalentreprenad aggregat Kössler
- Totalentreprenad el- och kontrollsystem EIAB
- Totalentreprenad bygg AEB
- Utförandeentreprenad elinstallationer L-a Elinst.





Kaplanaggregat 2007 -

# Absolutverkningsgradsprov

Raksträcka 10  $\emptyset$  före och 5  $\emptyset$  efter flödessensorer





# Absolutverkningsgrads- prov

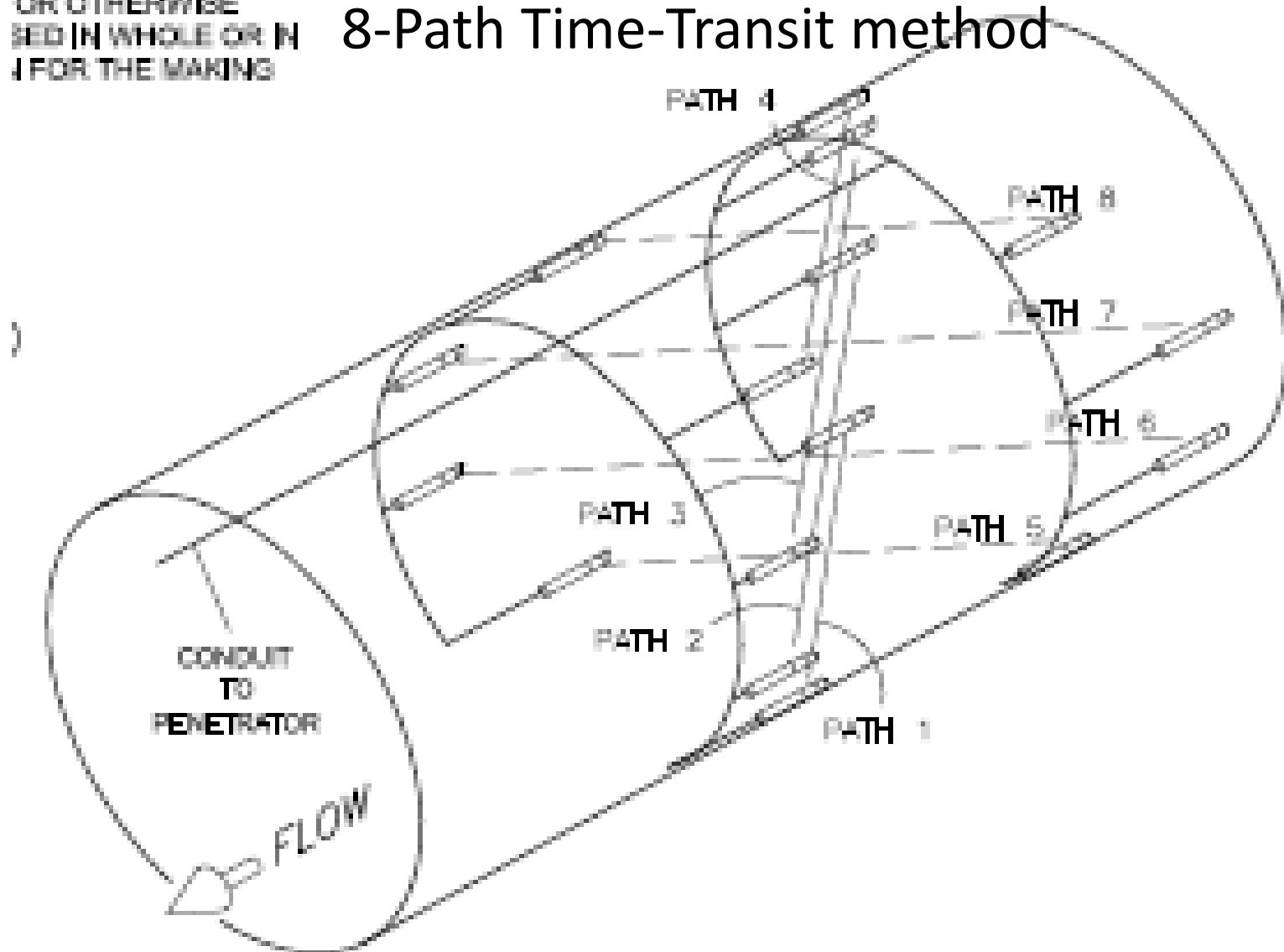
Fästen för flödessensorer  
svetsade före ytbehandling  
av horisontell sektion på  
fabrik

Montering av  
flödessensorer och kablage  
före transport av  
horisontell sektion till  
anläggningsplats

# Absolutverkningsgradsprov

OR OTHERWISE  
SED IN WHOLE OR IN  
FOR THE MAKING

## 8-Path Time-Transit method

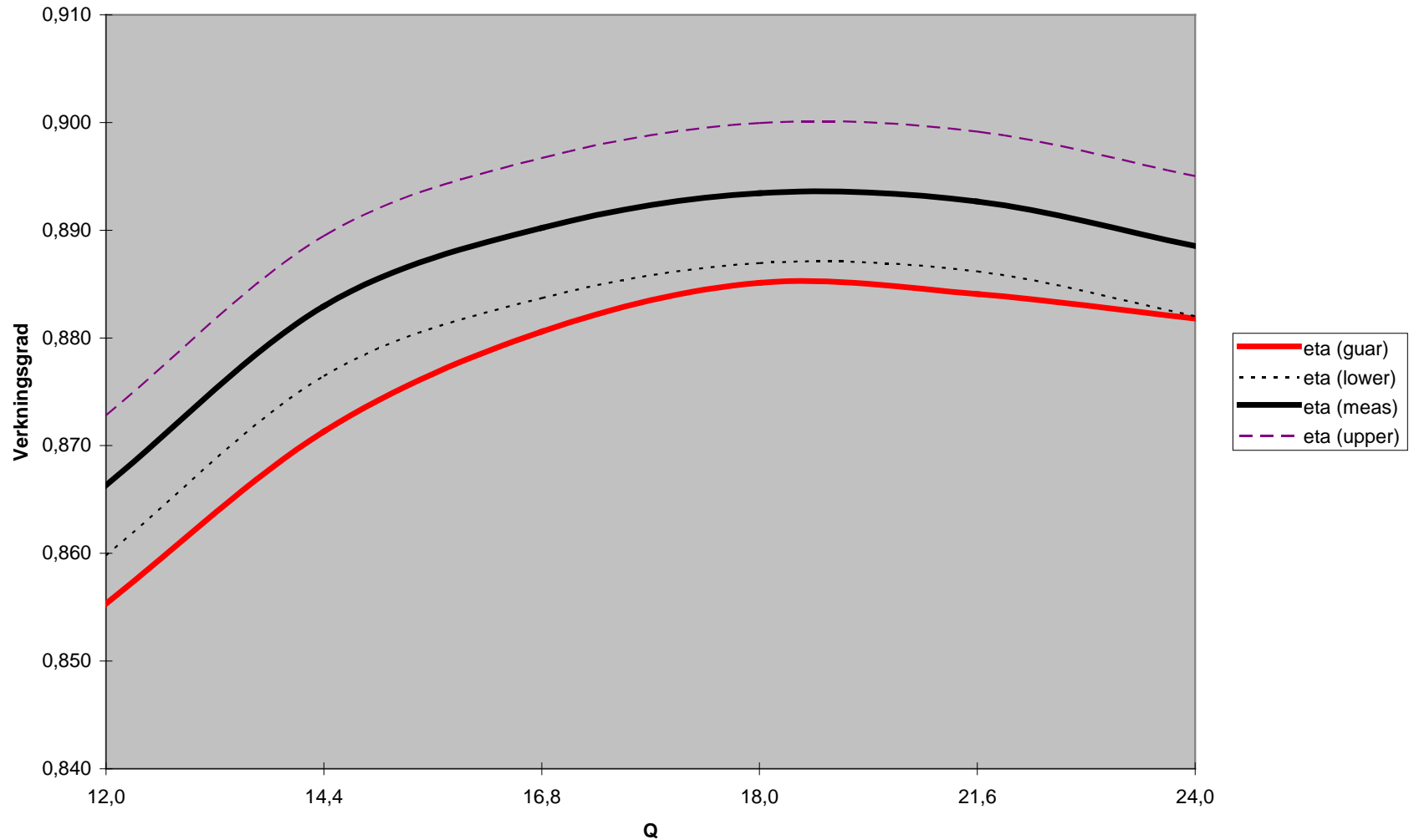


# Verkningsgradsprov

## Onoggrannhet i mätningarna

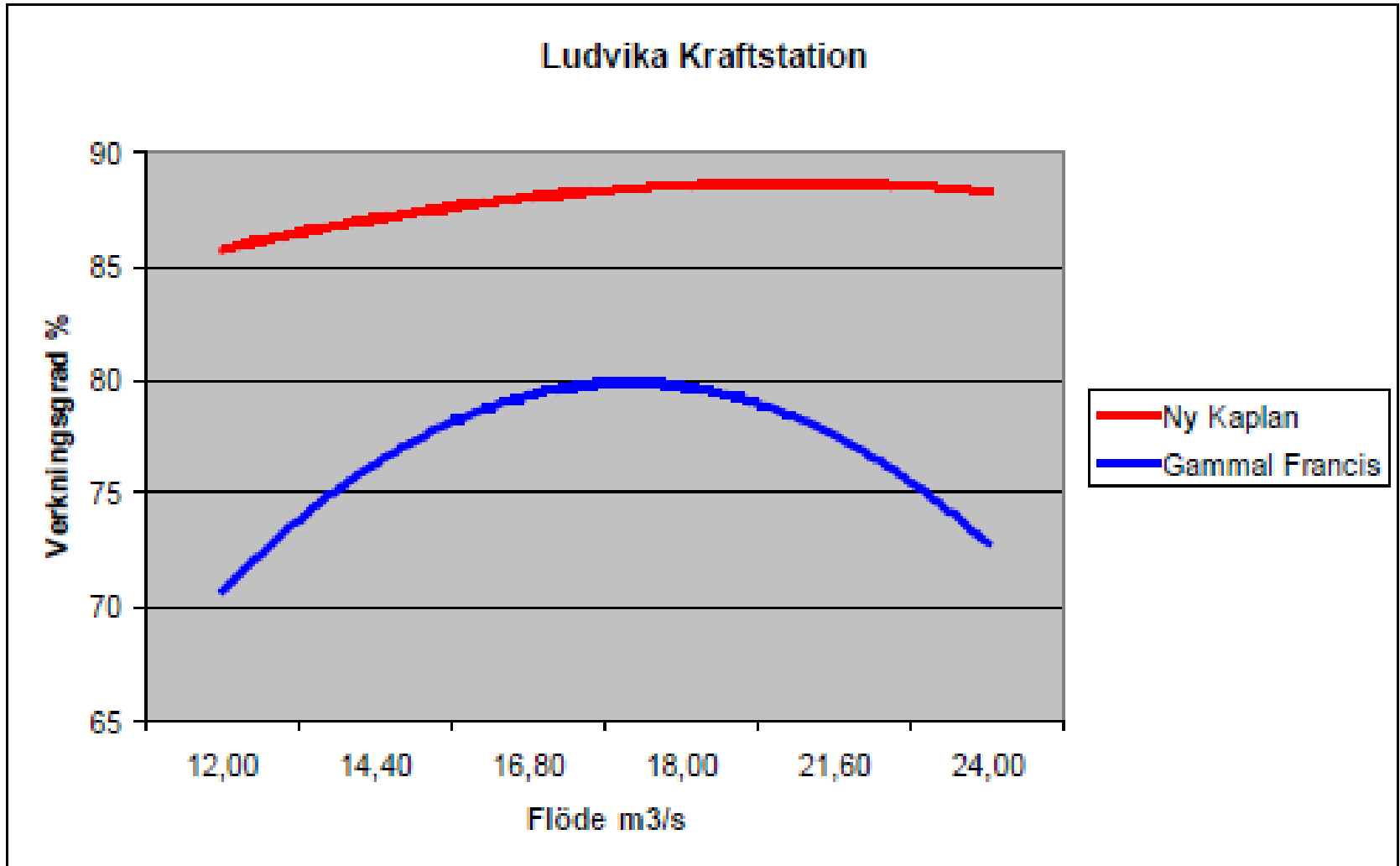
- $\Delta\eta/\eta = (0.46^2 + 0.45^2 + 0.1^2)^{1/2} \approx 0.65 \%$   
för onoggrannhet i flöde, effekt resp. fallhöjd

# Absolutverkningsgradsprov Kaplan 2007





# Verkningsgrad före resp. efter 2007



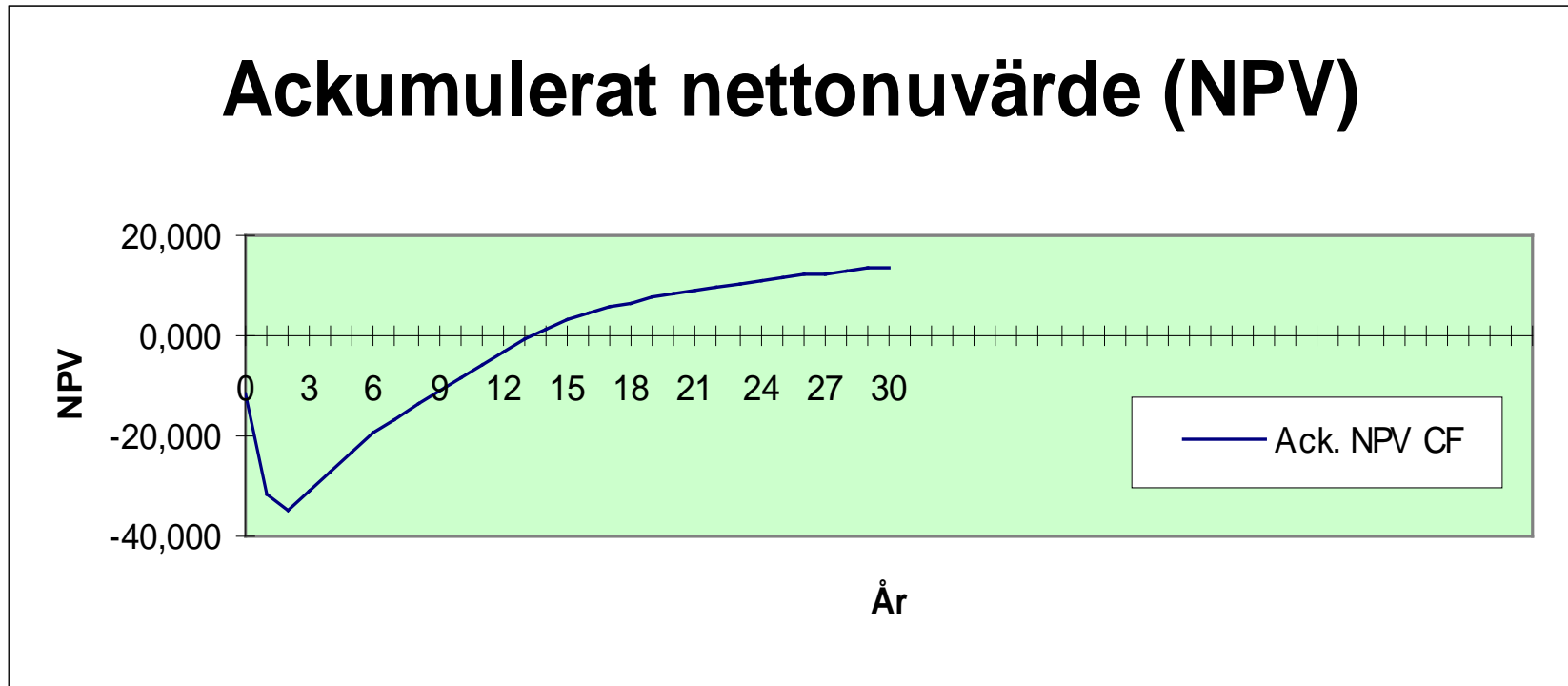
# Miljöaspekter

- Den kanske viktigaste miljöaspekten är att ingreppet, som gjordes i naturen för flera hundra år sedan, numera genererar grön el till samhället genom att tillvarata nästan 90 % av vattnets naturkraft när det passerar genom stationen.
- Hydraulolje- och smörjoljeaggregat har egna tråg för uppsamling av eventuellt läckage och turbinens löphjulsnav är helt fritt från olja, som annars skulle kunna rinna ut i recipienten.
- Tidigare leddes det obetydliga avloppet från stationen till recipienten, men nu pumpas fekalier och annat till kommunens avloppssystem.
- Del av generatorns förlustvärme används till att värma maskinsalen, som har oisolerade väggar. Detta sker genom ett glykolvattensystem med ackumulator.

# Arbetsmiljöaspekter

- Givetvis är skydd mot beröring av bl. a. rörliga delar på plats och det är god åtkomst för underhåll. Härvid kan, genom att halva löphjulskammaren kan lyftas bort, ergonomiskt bra arbetsställningar uppnås vid arbete på löphjulet och utan att vatten riskerar att komma in bakvägen.
- Motordrivna flod- respektive intagsluckor vid Väsman innebär bättre arbetsmiljö.
- Inga farliga ämnen behöver hanteras.
- Ingenting i skåp placerat lägre än 500 mm från golv ger god arbetsmiljö för elektrikern.
- Kablar i rör, "conduits", i stället för i kabelkanaler medför enkel rengöring av golv.

# Lönsamhet



*Kalkylränta 8 % => NPV (0 – 30 år) 91 %, NPV (31-60 år) 9 %*

# Resultat

- Inga personskador
- Projektet färdigställt inom tid
- Projektet färdigställt inom budget
- Rekordsnabb igångkörning
- Överträffande av prestanda med 1 procentenhet
- 9 procentenheter bättre verkningsgrad än tidigare

# Reglering

- Årstillrinning 404 Mm<sup>3</sup>
- Reglerbar volym 85 Mm<sup>3</sup>
- Regleramplitud 1,93 m
- 100 % körning ett dygn => sänkning 45 mm utan tillrinning
- Normal körning = dagtid på vardagar @ bästa verkningsgrad

# Ö-drift

## Finns:

- Tröghetsmoment  $J > 18\,000 \text{ kgm}^2$
- $T_m/T_w$  4,2 ggr @  $18 \text{ m}^3/\text{s}$  (krav 4 – 6 ggr)
- Ledskenor öppna/stäng 8 s/6 s
- Löphjul öppna/stäng 20 s/20 s
- Lagrad energi för stäng, öppna, stäng + autostopp
- Direktkoppling till mellanspänningsnät  $\Rightarrow S_k \approx 18 \text{ MVA}$

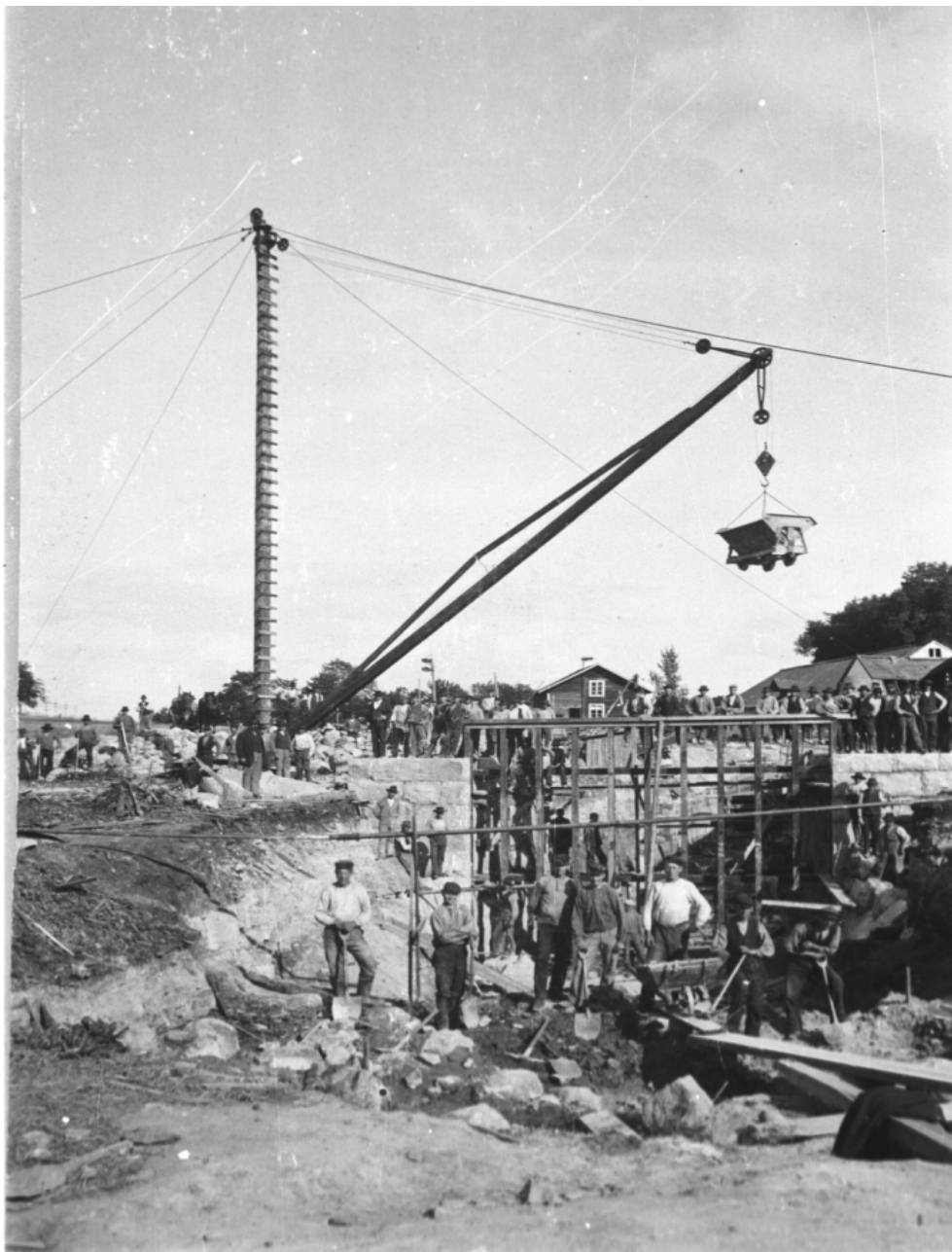
## Behöver läggas till:

- Statik (droop)
- Skyddsinställningar för ö-drift
- Ev. tillägg av annan turbinreglering för ö-drift
- Byte till tyristorer i rotorans magnetiseringskretsar (lämpligt)

# Ursprunglig byggnation

- Byggarbeten skedde från november 1900 till oktober 1901
- Arbetena utfördes i treskift med elektrisk belysning leverad från en ånglokomobil med elgenerator
- Arbetsstyrkan varierade, 200 – 300 personer
- Invigning på Jernvägshotellet 1901-12-21





## Arbeten vid utskov

Lyftkranen är  
importerad från USA  
och drivs av en  
ångmaskin

Ramen för de 10  
spettluckorna syns  
tydligt



Arbeten vid 90°  
korsning med BJ  
banan

Järnvägsdrift pågick  
under byggnation

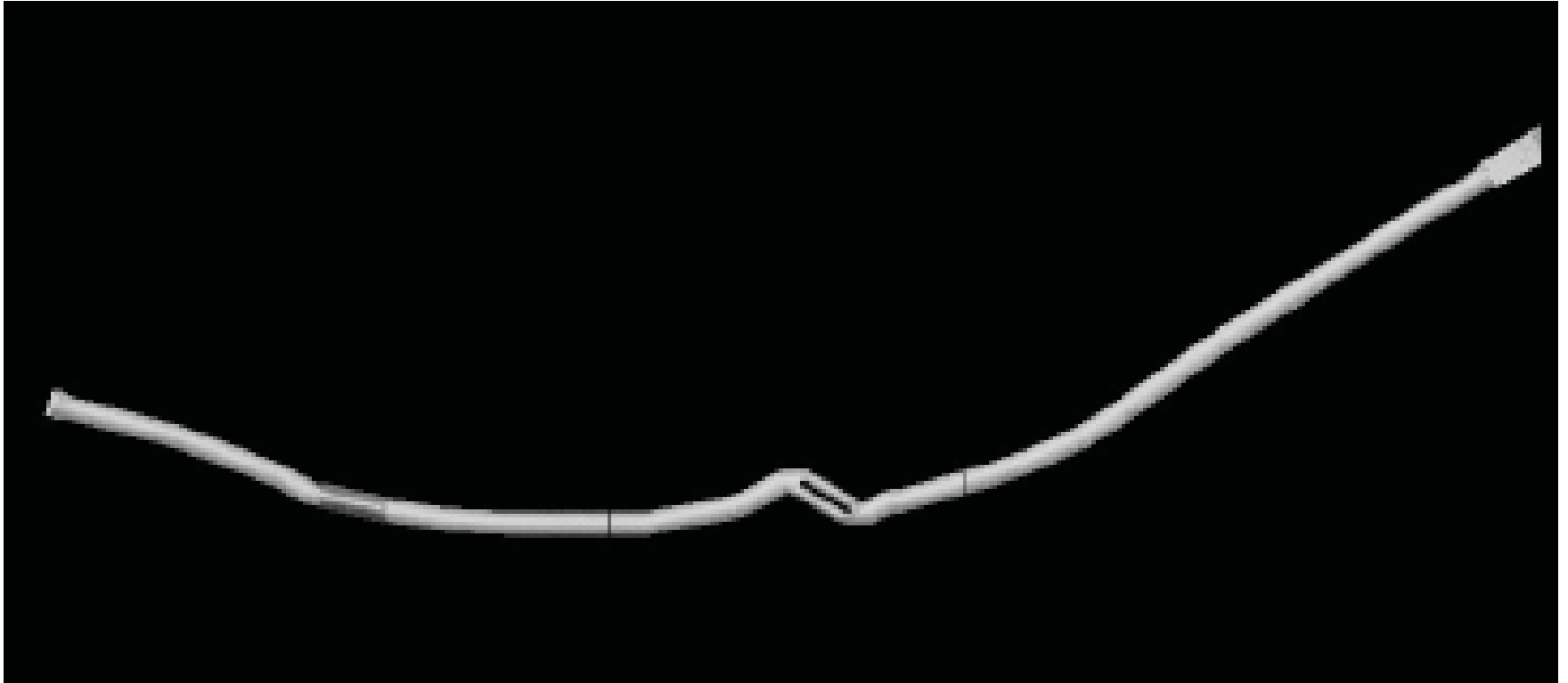
Mittstödet under  
byggnation

# Arbeten med tunnel av slaggsten

Marken är fast lagrad stenbunden morän satt under istidens tryck, därav lodräta schaktväggar, ej permeabel



# Slaggstenstunnel från ovan



Två begrävda vägbroar i betong skyddar tunnel från last på Rv 50 respektive Rv 66

# Slaggstenstunnel ca 17 m<sup>2</sup>



# Utskov - Rostfria motorluckor



# Intagskanal – Rostfria motorluckor



# Svallschakt - Nedströmsvägg





# Stationshus - Uppströmsvägg



# Maskinsal - Uppströmsvägg



# Maskinsal



# Maskinsal - Nedströmsvägg



# Maskinsal - Nedströmsvägg



# Stationshus - Nedströmsvägg



# Stationshus - Uppströmsvägg



# Sugrör - Kranlyft





# Sugrör – På plats



# Turbin - Landsvägstransport



# Turbin - Kranlyft



# Turbin - Kranlyft



# Turbin - Kranlyft



# Generator - Kranlyft



# Generator - Kranlyft



# Generator - Kranlyft





Frågor?