



# Letten's regleringsmagasin

Förbättrad avbördningssäkerhet, med hjälp av riskkostnadsanalys och PFMA

Presentation SwedCOLD 2017-04-04

Linda Ormann [linda.ormann@fortum.com](mailto:linda.ormann@fortum.com), Finn Midböe [finn.midboe@hydroterra.se](mailto:finn.midboe@hydroterra.se)



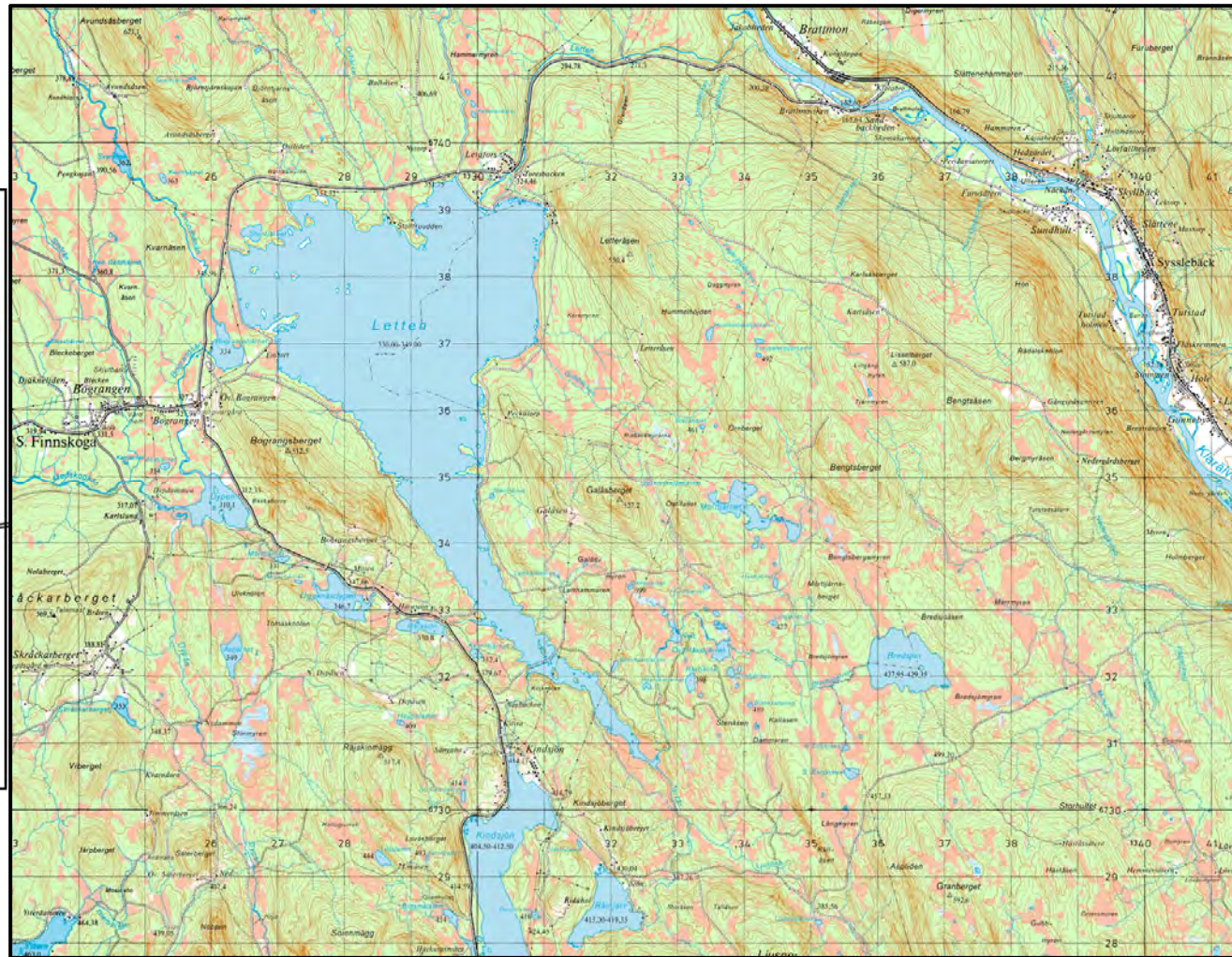
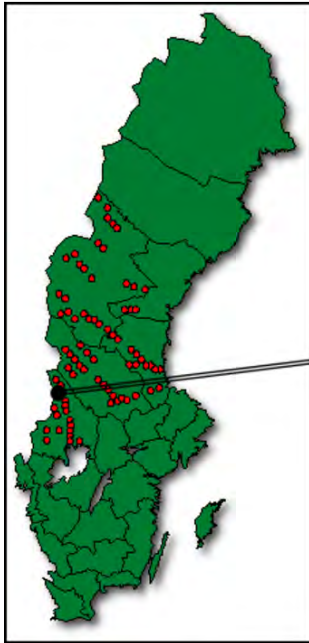
INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS  
COMMISSION INTERNATIONALE DES GRAND BARRAGES  
SWEDISH NATIONAL COMMITTEE  
SwedCOLD

SwedCOLDs temadag 19 okt 2006

## Dammsäkerhetshöjande åtgärder

|       |  |  |
|-------|--|--|
| 09.00 | Samling med kaffe  |  |
| 09.30 | Inledning  | Gunnar Sjödin och Maria Bartsch, SwedCOLD  |
| 10.00 | Dammsäkerhetsåtgärder inom E.ON Hälby – Riskanalys och förstärkningsåtgärder rörande överdämning och läckage   | - Roland Kristoffersson E.ON<br>- Åke Nilsson, Maria Bartsch, Vattenfall Power Consultant AB   |
| 11.00 | Bensträckare   |  |
| 11.15 | Dammsäkerhetsåtgärder inom Fortum Laforsen – Höjd avbördningskapacitet med 1 stor lucka<br><b>Letten – Läckage i genomsläpplig grund</b>                                     | - Jonas Birkedahl, Fortum Gen.<br>- Karl-Erik Löwén Fortum, Thomas Rasmussen, KFS Anläggningskonstruktörer<br>- Anders Sjödin Fortum och Marcus Bergman, SWECO |
| 12.15 | Lunch  |  |
| 13.15 | Dammsäkerhetsåtgärder inom Vattenfall Lärdomar ur projektsynpunkt Dammtekniska frågor Letsi – Avbördningsproblematik i spillfåran Stenksulfafors - Ökad avbördningskapacitet | - Kjell-Åke Wallin Vattenfall<br>- Håkan Bond, WSP<br>- Karin Hellstadius, Vattenfall P.C.   |
| 14.45 | Kaffe  |  |
| 15.15 | Dammsäkerhetsåtgärder inom Vattenregleringsföretagen Utökad avbördningskapacitet, ombyggnad erosionsskydd, dammtätförstärkning   | Lennart Märklund, Marcus Hautakoski, Vattenregleringsföretagen   |
| 15.50 | Nyhetspass<br>- Aktuella vattendomar<br>- Jordbävningsrisker för svenska dammar  | Lars Hydén, Svea Hovrätt<br>Anders Bodare, KTH   |
| 16.00 | Sammanfattning och avslutning  | Gunnar Sjödin, SwedCOLD  |





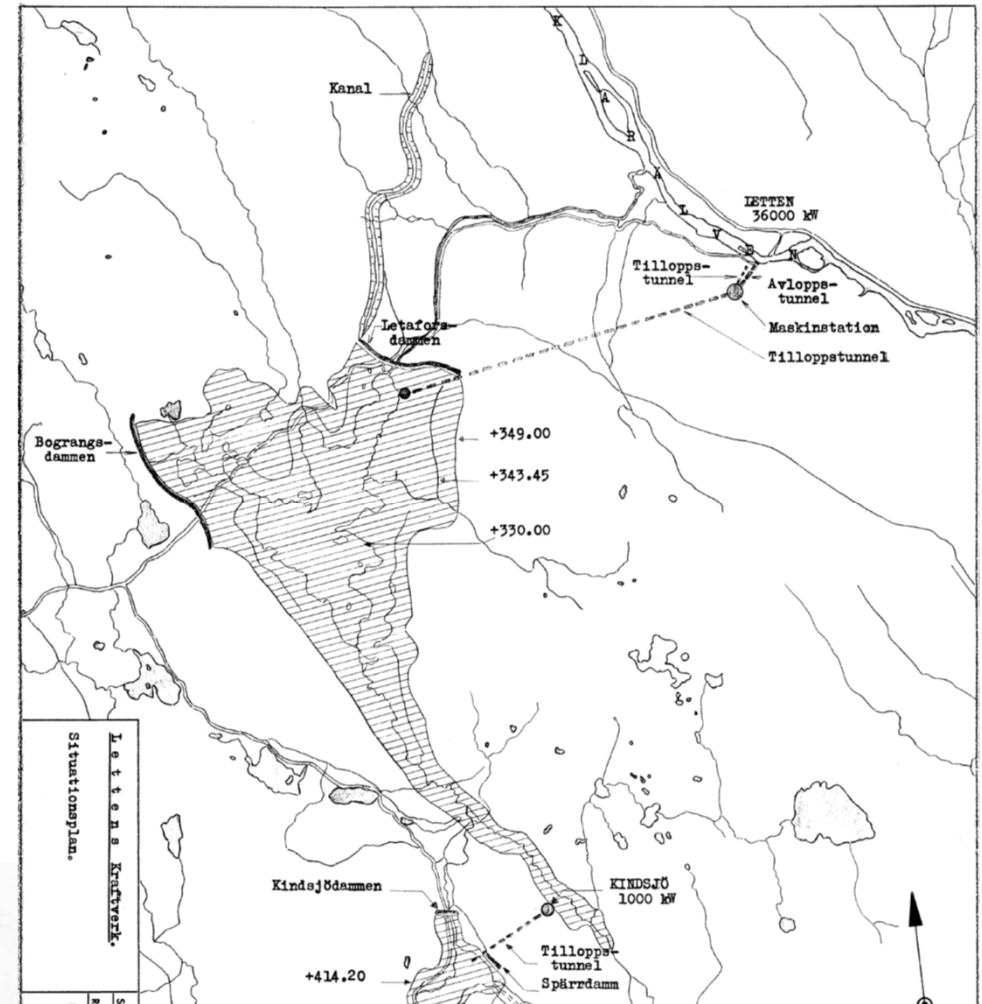
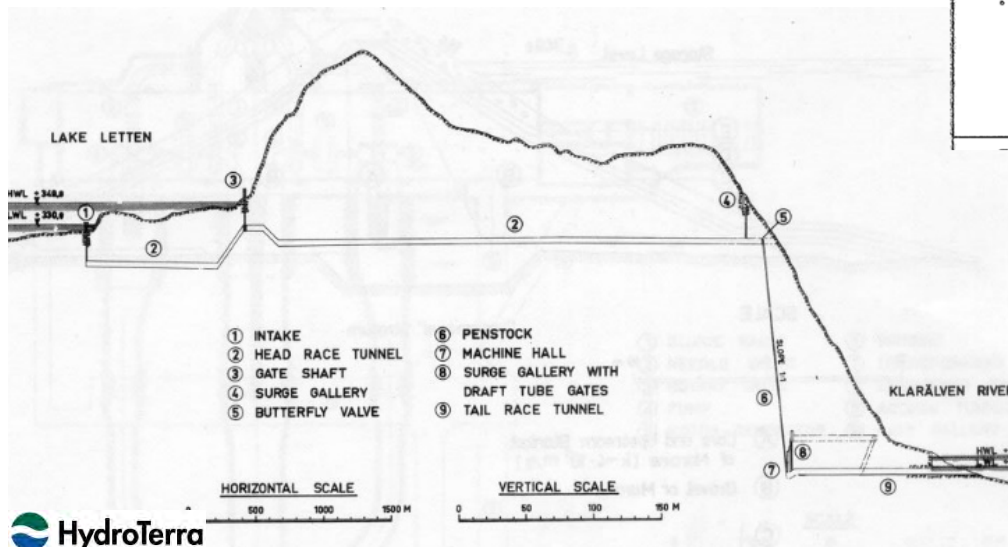


# Letten pumpkraftverk

|                  |                               |
|------------------|-------------------------------|
| Byggår           | 1953 – 1957                   |
| Fallhöjd         | 191 m                         |
| Effekt           | 38 MW                         |
| Drivvattenföring | 26 m <sup>3</sup> /s (turbin) |
|                  | 18 m <sup>3</sup> /s (pump)   |

Två dammar, båda dammsäkerhetsklass B:

- Letaforsdammen 1800 m lång  
23 m hög
- Bograngsdammen 2200 m lång  
16 m hög



Volym ca 165 Mm<sup>3</sup> (vid DG)

$Q_{dim} = 80 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{100} = 47 \text{ m}^3/\text{s}$

$MQ = 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$

Avbördningskapacitet ca 60 m<sup>3</sup>/s







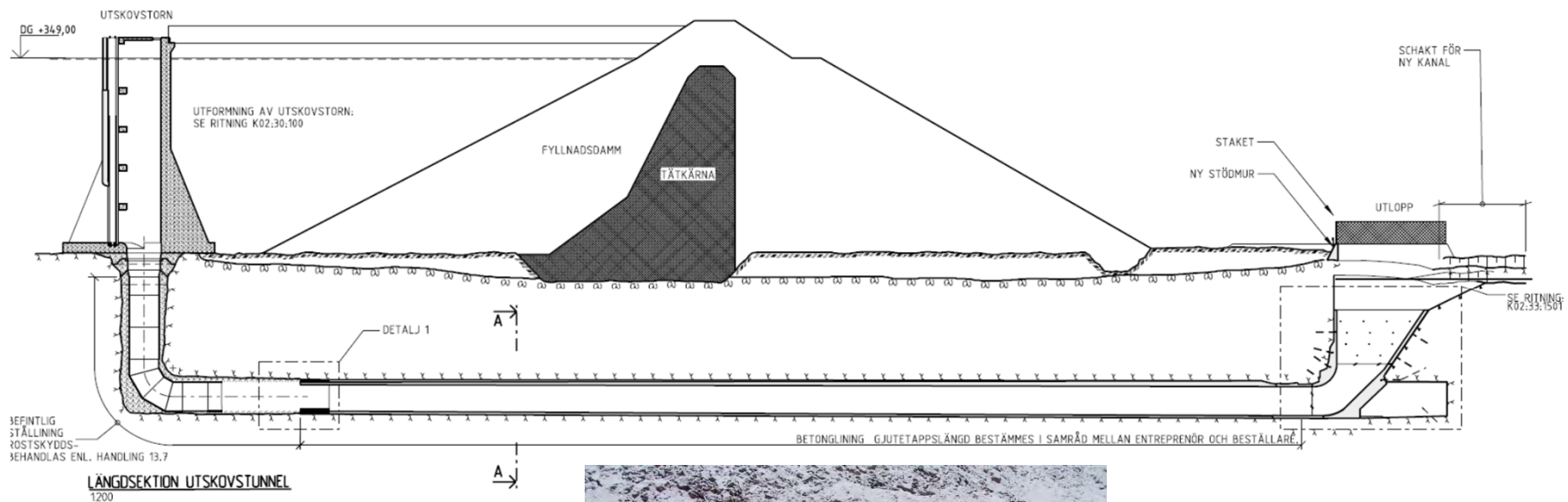


## Avbördrning – utmaningar:

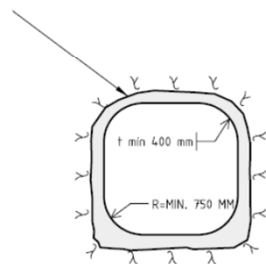
- Endast ett utskov
- Tillgängligheten till utskov via gångbro
- Otillräcklig kapacitet?
- Möjligheten till överdämning kan vara begränsad
- Luftpulsationer har observerats i samband med mindre spill (ca 10 m<sup>3</sup>/s)

## positiva omständigheter:

- Mycket hög utbyggnadsvattenföring (12 ggr MQ)
- Stort magasin -> mycket bra dämpning



LÄNGDSEKTION UTSKOVSTUNNEL  
1200



A-A SEKTION BETONGLINING  
ALTERNATIV B  
UTFORMNING BEREDENDE AV BEFINTLIG  
TUNNELTVÄRSNITT. BLIVANDE TVÄRSNITTSAREA  
LIKA ELLER STÖRRE AN ALT. A.



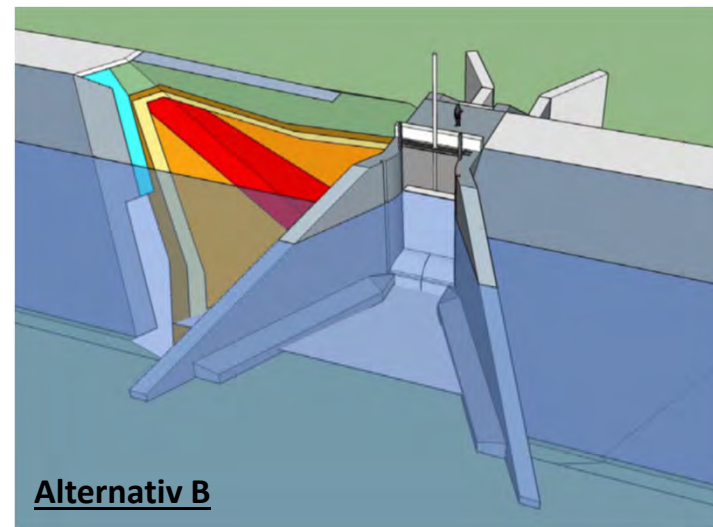
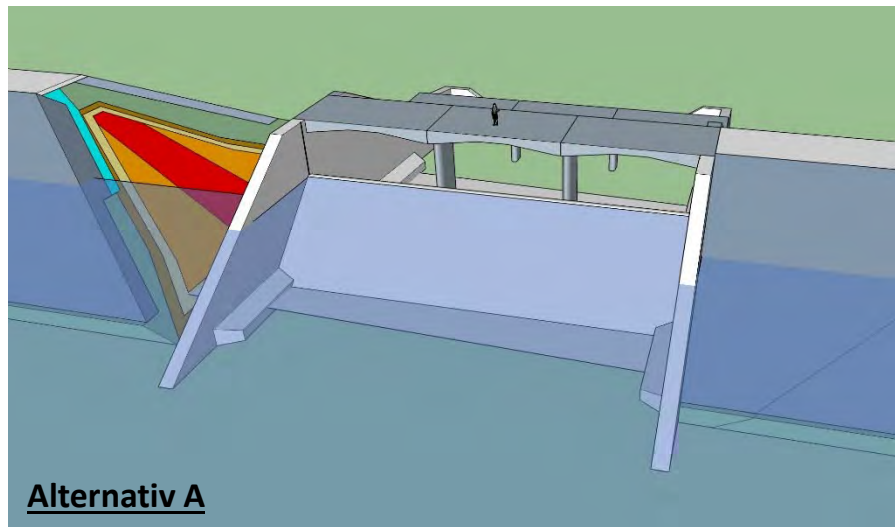




## Avbördning – tidig preliminär slutsats:

- Funktionsprov av bottenutskovet utförs, med högre flöden ( $25 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Bottenutskovet är viktigt för att möjliggöra avsänkning av magasinet
- Ett nytt ytutskov skulle öka avbördningssäkerheten väsentligt, både kapacitet och redundans förbättras, dock till hög kostnad.

...men, vilken typ? A, B eller räcker det att förbättra det befintliga bottenutskovet?





# Riskkostnadsberäkning

Riskkostnaden beräknades för två huvudscenarion

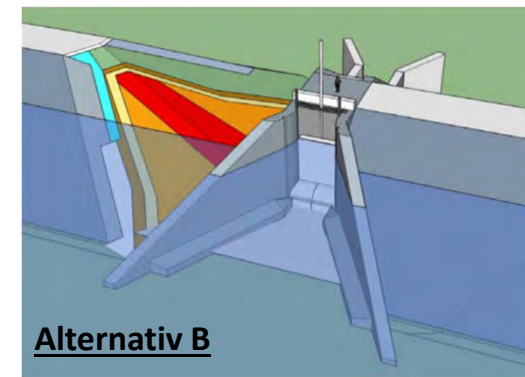
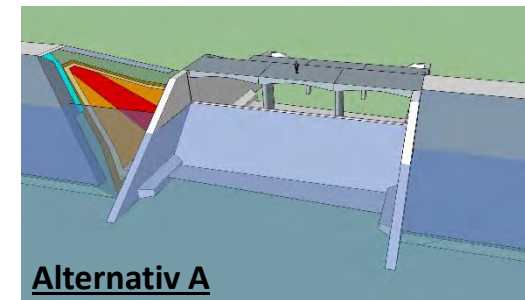
- inre erosion i dammkropp eller undergrund som leder till dammbrott
  - överdämning av tät kärnan på grund av stor tillrinning eller utebliven utskovsfunktion
- 
- Riskkostnaden var hög – och osäkerheten stor
  - Riskbidraget dominerades av inre erosion
  - Alternativ A gav lägre riskkostnad, men inte p.g.a. bättre funktionssäkerhet, utan på grund av lägre dämning vid normaldrift
  - Vid jämförelse A mot B med samma dämningnivå är B bättre

**- A rekommenderades**

**- Dämningen begränsades till DG-2 m (tills vidare)**

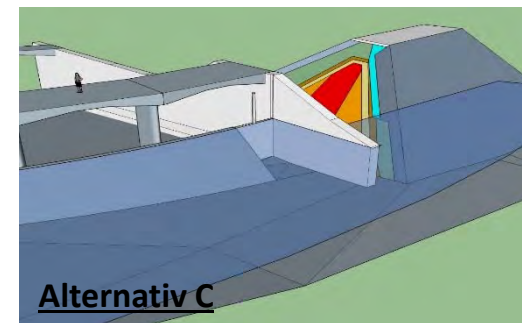
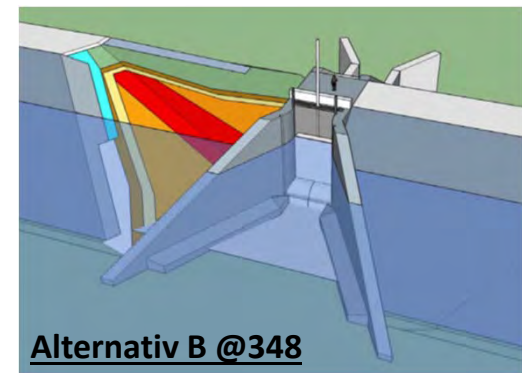
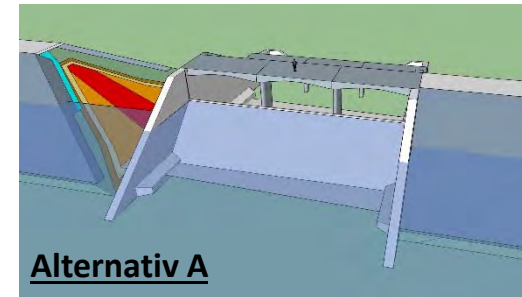
## Välgrundade invändningar mot metoden

- Långtgående slutsatser drogs på osäkra antaganden
- Risker kopplade till fyllningsdammarna föranledde dels granskning av de antaganden som gjorts (second opinion), dels att dessa risker utreds vidare. WSP och HydroResearch har hjälp till.



## Fortsatt arbete

- Riskerna kopplade till fyllningsdammarna kunde nyanseras, men resultaten föranleder inte att de antaganden som gjorts vid riskkostnadsberäkningen ändrats. Arbetet fortsätter...
- De svagheter som finns hos fyllningsdammarna föranleder att andra åtgärder vidtas, som inte är kopplade till utskoven. Dessa har plockats upp i projektet.
- Ytterligare ett utskovsalternativ förs fram, som kombinerar fördelarna hos A och B, alternativ C.
- Alternativen utvärderas även "kvalitativt", enligt PFMA-principen.





# Utvärdering av A, B och C - kvalitativt

| Alternativ:  | 0       |         | A       |         | B       |         | C       |         |   |   |   |   |   |    |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|---|---|---|---|----|
|  | +348    | +349    | +348    | +349    | +348    | +349    | +348    | +349    |   |   |   |   |   |    |
| <b>Potentiell felmod</b>                               | 10 m³/s | 60 m³/s | 10 m³/s | 60 m³/s | 10 m³/s | 60 m³/s | 10 m³/s | 60 m³/s |   |   |   |   |   |    |
| <u>Inre erosion/läckage och stabilitet</u>             |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |    |
| PFM5 <sup>1</sup> erosion IG – avs.-beh.               | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 2       | 1       | 2       | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3  |
| PFM6 <sup>1</sup> erosion ID/IG – avs.-beh.            | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 2       | 1       | 2       | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3  |
| PFM7 <sup>1</sup> erosion ID/IG – avs.-beh.            | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 2       | 1       | 2       | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3  |
| PFM8 <sup>1</sup> erosion ID – avs.-beh.               | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 2       | 1       | 2       | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3  |
| <u>Utskovsdamm och grundläggning</u>                   |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |    |
| PFM9 is knäcker torn – pulsationer > haveri            | 0       | -       | 0       | -       | 0       | -       | 0       | -       | 0 | - | 0 | - | 0 | -  |
| PFM10 pulsationer vid spill - hydraulisk uppspräckning | 0       | -       | 0       | -       | 1       | -       | 0       | -       | 2 | - | 2 | - | 2 | -  |
| <u>Avbördningsförmåga</u>                              |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |    |
| PFM11 <sup>1</sup> Initiering vid tidigare skada nära  | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 2       | 1       | 2       | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3  |
| PFM12 Bakåtererosion NS bottenutskov skadar damm       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 2       | 1       | 1       | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2  |
| <u>Problem med reglerförmåga i vissa fall</u>          |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |    |
| PFM15 Tillrinning överstiger avbördningskapacitet      | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 3       | 2       | 3       | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  |
| PFM16 Dammbrott i Kindsjön – risk för dominoeffekt     | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 3       | 1       | 2       | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3  |
| <u>Problem med reglerförmåga i vissa fall</u>          |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |    |
| PFM17 LEX Taum Sauk + tillrinning (pegelfel)           | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 3       | 1       | 1       | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3  |
| PFM18 Slagregn och problem med access                  | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 3       | 2       | 2       | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3  |
| PFM19 Q <sub>100</sub> & problem med manöver           | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 3       | 2       | 2       | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3  |
| PFM20 Q <sub>dim</sub> & problem med access/manöver    | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 3       | 2       | 2       | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3  |
| Antal 0:or   | 14      | 12      | 14      | 12      | 1       | 0       | 2       | 0       | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0  |
| Antal 1:or   | 0       | 0       | 0       | 0       | 6       | 0       | 8       | 2       | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0  |
| Antal 2:or   | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 6       | 4       | 9       | 9 | 3 | 8 | 1 | 8 | 1  |
| Antal 3:or   | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 6       | 0       | 1       | 1 | 7 | 1 | 7 | 5 | 11 |

Alternativen betygsätts relativt varje felmod enligt skala:

0. ingen förbättring
1. bättre, men säkerheten relativt felmod kan inte anses uppfylla alla krav
2. bra, säkerheten relativt aktuell felmod uppfyller krav och behov
3. utmärkt, felmod kan i det närmaste avskrivas, hög säkerhetsmarginal

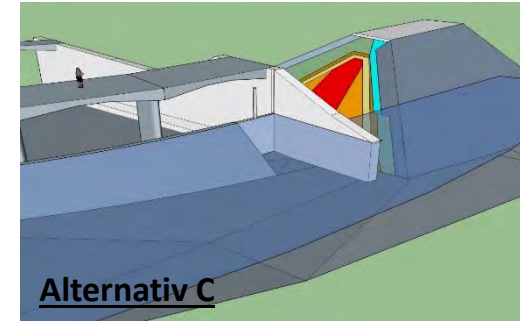
För vissa felmoder (främst ID/IG) är påverkan från åtgärderna i föreslagna alternativ begränsade, och för att uppnå tillfredsställande säkerhet behöver de kompletteras med andra åtgärder.





## Preliminära slutsatser

- Att använda riskkostnadsanalys fungerar, men osäkerheten kan vara stor
  - Osäkerheternas storlek kan bedömas, man kan jobba vidare med att reducera dem
  - Går att användas för jämförelser, i fallet Letten inte för att bedöma absoluta risker
- Att utvärdera åtgärdsförslag genom PFMA fungerar också
  - ger användbar överskottsinformation
- Om båda kombinerar kan bättre beslut fattas





Tack tack...

Linda Ormann [linda.ormann@fortum.com](mailto:linda.ormann@fortum.com), Finn Midböe [finn.midboe@hydroterra.se](mailto:finn.midboe@hydroterra.se)