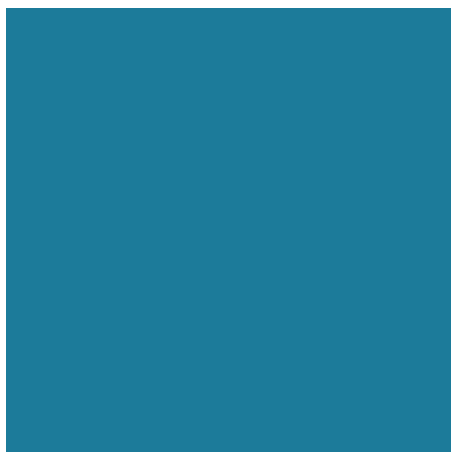
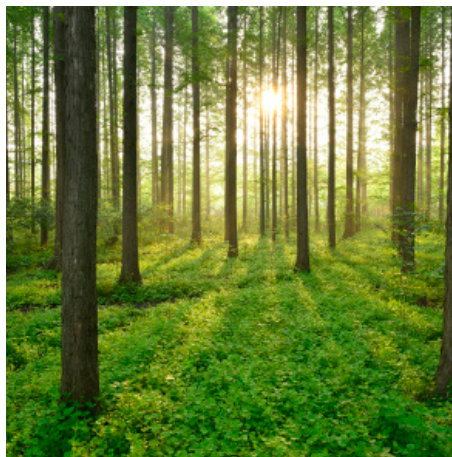


RIVNING AV BURVATTNETS FYLLNINGSDAMM

RAPPORT 2023:961



Rivning av Burvattnets fyllningsdamm

Dokumentation och undersökning av jordmaterial

JASMINA TOROMANOVIC

PETER VIKLANDER

ISBN 978-91-7673-961-7 | © Energiforsk november 2023

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Fyllningsdammen i Burvattnet uppfördes på 1940-talet av jordmaterial som fanns på platsen. I samband med ombyggnation av bottenutskovet skulle fyllningsdammen rivas och återuppbyggas, vilket innebar en möjlighet att studera och dokumentera effekter av åldrande av dammen.

Projektet har genomförts vid Luleå tekniska universitet (LTU) med Jasmina Toromanovic (LTU, projektledare) och Peter Viklander (LTU/Vattenfall) som utförare och författare till rapporten. Från dammsäkerhetsprojektet i Burvattnet har även Daniel Gustavsson (Indalsälvens Vattenregleringsföretag), Tina Pålshorp (AFRY) och Hans Rönnqvist (RQV) bidragit. I fält bidrog personal från byggtreprenören NCC med praktiskt arbete.

Författarna vill tacka Robin Edvinsson (student, LTU) som utförde dokumentationen i Burvattnet, personalen vid forskargruppen geoteknik vid LTU: Karina Tommik, Alaleh Ziagharib, Nelson Garcia, Thomas Forsberg och Qi Jia som hjälpt till med laboratoriearbetet samt Thorkild Maack Rasmussen vid gruppen för geofysik som författat PM Georadar.

Projektet har genomförts inom Energiforsks dammsäkerhetstekniska utvecklingsprogram med medverkan från industrin och Svenska kraftnät. Författarna ansvarar för rapportens innehåll.

Sammanfattning

Kunskapen om hur svenska fyllningsdammar påverkas av åldring behöver öka. Det är idag inte klarställt hur dammar påverkas av lång drifttid, cyklisk belastning från vattenmagasinet, inre erosion m.m. I samband med att Indalsälvens Vattenregleringsföretag (IVF) skulle bygga om bottenutskovet i fyllningsdammen i Burvattnet 2022 identifierades möjligheten att dokumentera dammen vid rivning som ett led i att öka kunskapen om fyllningsdammar.

Dammen i Burvattnet byggdes för hand i väglöst land i svensk fjällmiljö i mitten av 1940-talet. Det är inte känt i detalj exakt hur dammen byggdes och med vilka material då dokumentation saknas. Jordmaterialen som användes togs från lokala täkter vid dammen. I samband med tidigare dammsäkerhetshöjande åtgärder 2009 byggdes ett nytt ytutskov för att öka avbördningsförmågan och klara klass I-flödet. Dessutom ersattes övre delen av dammens träspont med en plastspont. Anledningen till att bottenutskovet åtgärdades i det nu aktuella projektet var för att bygga bort potentiella risker som identifierats kopplat till det gamla bottenutskovet, inte för att öka avbördningskapaciteten. För att åtgärda detta har IVF projekterat och byggt ett nytt bottenutskov på samma ställe i dammen som det gamla utskovet. Projektet utfördes till största del 2021–2023 genom att fångdammar anlagts både uppströms och nedströms befintliga dammen varvid fyllningsdammen kunde rivas i torrhet på försommaren 2022 då även föreliggande dokumentation och provtagning utfördes. Ett nytt utskov i betong byggdes under sommaren 2022 varefter dammen återbyggdes.

Luleå tekniska universitet (LTU) medverkade vid nedschaktning av dammen genom examensarbetare Robin Edvinsson som dels dokumenterade dammen (vid två tillfällen) och dels tog jordprov för geoteknisk dokumentation av dammen. Dessutom utförde han en studie av sitt specialämne kontaktersion i moränen vid anslutningen mot det gamla bottenutskovet.

Inför rivning togs ett dokumentationsprogram fram innehållande plan för provtagning och typ av dokumentation. På dammen togs jordprov för efterföljande geotekniska analyser. Avvikelse och intressanta upptäckter dokumenterades med foto och beskrivande text. Densitet i fält bestämdes med vätskevolymeter. Handburen georadar utvärderades som metodik i syfte att dokumentera dammen vid olika nivåer.

Geotekniska undersökningar har utförts vid LTU på moränmaterialet från Burvattnet genom modifierad Proctorpackning, siktning och sedimentationsanalys, permeabilitets-, pyknometer- samt triaxialförsök.

Resultaten från dokumentationen och laboratorieundersökningen visar att:

- Dammen i Burvattnet är av homogen typ, som är helt uppbyggd av finkorning morän, som saknar zoner av filtermaterial och traditionell tät kärna.

- En träspont fanns mitt i tätjorden som var påskarvad i den övre delen med en plastspont. Träsponten var till delar kraftigt nedbruten närmast krönet över nivån +562,3m. Under denna nivå var träsponten intakt.
- Det befintliga bottenutskovet var en kulvert byggd i trä, som förstärkts med betong på insidan, och även detta var i delar i dåligt skick.
- Laboratieprovningen visar att jordmaterialet i dammen består av finkornig morän (typiskt) med finjordshalten 15-55% och lerinnehåll lägre än 3%. Vid utvärdering av triaxialförsök uttolkades kohesionen till 11,9 kPa och inre friktionsvinkeln till 37,7 grader. Andelen partiklar större än 22 mm i moränen var 1-30%.
- Siktresultaten tyder på att viss migrering av finjord skett i dammen från de centrala delarna till nedströmsområdet.
- Inga visuella tecken på inre erosion kunde ses i dammen.
- Tjäl djupet var ca 1,8 m i moränen vid rivning, men inga tecken på tjälpåverkan i form av islinser kunde noteras annat än enstaka ihoptjälade klumpar vid schakt.
- Organiskt material förekom i dammen i form av en mindre mängd växter och träd från byggtiden samt lossgjort trämaterial från sponten och bottenutskovet.

Nyckelord

Homogen fyllningsdamm, Provtagning, Laboratieprovning, Rivning

Summary

The knowledge on ageing effects of Swedish embankment dams needs to increase. It is today not fully known how dams are affected by long-term operation, cyclic loading from the reservoir, internal erosion etc. When Indalsälvens Vattenregleringsföretag (IVF) was rebuilding the bottom outlet in the embankment dam in Burvattnet in 2022, the possibility of documentation of the demolition of the dam was identified as a possibility to increase the knowledge about embankment dams.

The dam in Burvattnet was constructed in a roadless land in Swedish mountain environment in the middle of the 1940s. It is not known in detail exactly how the dam was constructed and of which materials due to the lack of documentation. The soil material that were used, were taken from local pits close to the dam site. In connection with dam safety measures in 2009, a new outlet was constructed in order to increase the spillway capacity and be able to handle the class I flow. In addition, the upper part of the wooden sheet pile was replaced by plastic sheet pile. The reason for the reconstruction of the bottom outlet in the current project was to eliminate potential dam safety risks connected to the old bottom outlet, not to increase the spillway capacity. To deal with that, IVF have designed and constructed a new bottom outlet that was built at the same position in the dam as the old outlet. The project was mainly carried out 2021-2023 by constructing coffer dams both upstream and downstream of the current dam, whereupon the embankment dam could be demolished under dry conditions in early summer 2022 when also the present documentation and sampling was carried out. The new concrete bottom outlet was constructed in the summer followed by the new dam thereafter.

Luleå University of Technology (LTU) was present when the dam was demolished, by the master's thesis student Robin Edvinsson that documented the dam (at two occasions) and was taking soil samples for geotechnical documentation and testing of the dam. In addition, he was studying the special subject of contact erosion of the glacial till in the interface towards the old bottom outlet.

Before the demolition, a documentation program was made, consisting of a plan for both documentation and type of documentation. Soil samples for geotechnical analyses were taken from the dam. Deviations and interesting findings were documented by photos and descriptive text. The density in field was determined by balloon testing method. Handheld georadar was evaluated as method when used to document the dam at different levels.

Geotechnical investigations of the material from Burvattnet have been performed at LTU by Proctor compaction, sieving and sedimentation, and permeameter, pycnometer, and triaxial tests.

The results from this study shows that:

- The dam in Burvattnet is of a homogeneous type, fully constructed without zones only by fine grained glacial till with no filter material nor traditional core.

- A wooden sheet pile wall was located in the middle of the core that was elongated in the upper part with a plastic sheet pile wall. The wooden sheet pile was partially heavily decomposed close to the dam crest above the level +562,3m. Below this level the wooden pile was intact.
- The old bottom outlet was a culvert made of wood, that was reinforced with concrete on the inside, which also partially was in a bad condition.
- The laboratory testing shows that the material in the dam consists of fine-grained glacial till (typically) with content of fines of 15-55% and clay content lower than 3%. By evaluation of the triaxial tests, the cohesion was assessed to 11.9 kPa and the friction angle to 37.7 degrees. The content of particles larger than 22 mm in the till was 1-30%.
- The results from particle size distribution indicate a certain migration of fine-grained material in the dam from the central parts towards the downstream area.
- No visual signs of internal erosion were observed in the dam.
- The frost depth was 1.8 m in the glacial till when excavation, but no visual effects were noted from freezing as ice lenses were noted, other than some frozen lumps.
- Organic material was found in the dam consisted of a smaller amount of plants and trees origination from construction as well as loosened wooden material from the sheet pile wall and the bottom outlet.

Keywords

Homogeneous embankment dam, Sampling, Laboratory testing, Demolition

Innehåll

1	Introduktion	10
1.1	Bakgrund	10
1.2	Syfte	10
1.3	Avgränsningar	11
2	Dammanläggningen i Burvattnet	12
2.1	Bakgrund	12
2.2	Operativ historik	15
3	Dokumentation av rivning	17
3.1	Information om rivningsarbetet	17
3.2	Fyllningsdammen	17
3.3	Beaktade fenomen vid dokumentationen	17
3.3.1	Tjäle	17
3.3.2	Anslutningar och kontaktersosion	18
3.3.3	Träspont	19
3.4	Georadar	22
4	Utvärdering av jordmaterial i dammen	25
4.1	Provtagning i samband med rivning	25
4.2	Laboratorieundersökningar	28
4.2.1	Siktning och sedimentationsanalys	29
4.2.2	Pyknometerförsök	33
4.2.3	Proctorpackning	34
4.2.4	Hydraulisk konduktivitet	35
4.2.5	Triaxialförsök	36
5	Tolkning av dammens uppbyggnad	40
6	Diskussion och slutsatser	43
7	Referenser	45

Bilagor

1	Fotografier
2	Laboratieprovning
3	PM Georadar
4	PM Provtagning
5	PM Fältnoteringar

1 Introduktion

1.1 BAKGRUND

I Sverige finns ca 10 000 dammar, de flesta är fyllningsdammar. De flesta höga dammar (över 15 m) byggdes under den stora vattenkraftutbyggnadsepoken på 1940–1970-talen. Vid den tiden fanns mycket kunskap om fyllningsdammar i vattenbyggnadsbranschen bland dammägare, projektörer och entreprenörer. I takt med att byggandet avtog minskade snabbt även antalet aktiva aktörer verksamma inom fyllningsdammsområdet. De senaste årtiondena har branschens aktörer insett detta och satsningar har gjorts för att höja kompetensen främst genom Svenskt Vattenkraftcentrum (SVC) och Energiforsks Dammsäkerhetstekniskt utvecklingsprogram. Vattenkraft- och gruvbranschen är de aktörer i landet som i huvudsak arbetar med fyllningsdammar och de är därför viktiga för att hålla kunskapsnivån inom området på en god nivå tillsammans med högskolor och universitet som utbildar studenter och genomför en stor del av forskningen samt konsulter. I samband med att byggåtgärder utförs på fyllningsdammar ges möjligheten till att bygga kompetens varför det är betydelsefullt för ämnesområdet dammbyggnad att inblandade aktörer nyttjar möjligheten till kunskapsbyggande. Det är även av stort värde att inblandade aktörer delar med sig och sprider vunna erfarenheter till branschen.

I samband med att Indalsälvens Vattenregleringsföretag skulle bygga ett nytt bottenutskov, samt riva och återuppbygga den omgivande fyllningsdammen, vid dammanläggningen i Burvattnet 2021–2023 öppnades möjligheten att dokumentera den befintliga fyllningsdammen vid rivning. Detta var särskilt intressant eftersom dokumentationen från byggtiden och information om dammen var begränsad. Dammen uppfördes på 1940-talet av lokalt jordmaterial dels för hand och dels med hjälp av hästar, i väglöst land. Dammen är geografiskt byggd i fjällmiljö vilket kan vara utmanande med tanke på hårda vinterförhållanden.

En projektbeskrivning togs fram och en plan för dokumentation av fyllningsdammen i samband med schaktning från dammkrönet ned till grundläggningen för rivning av det befintliga bottenutskovet. Ett antal jordprov togs för geoteknisk karaktärisering i laboratorium vid Luleå tekniska universitet (LTU).

1.2 SYFTE

Syftet med projektet "Burvattnet – dokumentation och undersökning av jordmaterial" var att dokumentera förhållandena i fyllningsdammen i Burvattnet i läget för bottenutskovet. Detta genom visuell inspektion, fotografier, okulära bedömningar, fältmätning och jordprovtagning för geotekniska undersökningar på laboratorium. I projektet studerades dammens uppbyggnad och jordmaterial, effekter av åldrande och tjäle, anslutningar med avseende på inre erosion och inverkan av befintlig instrumentering samt dokumentation av allmänt intressanta upptäckter och avvikelser i dammen. Jordprov togs för att geotekniskt karaktärisera dammaterial genom siktanalys och sedimentationsförsök,

bestämning av hydraulisk konduktivitet och kompaktdensitet, modifierad Proctorpackning och triaxialförsök. Ett ytterligare syfte var att klarställa om handburen georadarmätning kan användas för att dokumentera dammens uppbyggnad.

Projektet erbjöd ett unikt tillfälle till att studera och dokumentera effekter av åldrande av en jordfyllningsdamm som togs i drift 1943 samt att dokumentera dess uppbyggnad. Ett specifikt område som studerades i ett examensarbete var kontaktersion i anslutning mot det gamla bottenutskovet samt vid grundläggningen. Genom att undersöka dammen och de eventuellt identifierade svagheter kan kunskapen om fyllningsdammar öka och därmed ge bidra till förbättrade möjlighet till att utföra säkerhetsbedömning av befintliga dammar, öka förståelsen kring åldrande och att exempelvis kunna utforma anslutningar bättre.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

I projektet har fyllningsdammens uppbyggnad och skick dokumenterats i samband med rivningsarbeten i april-juni 2022. Jordprov har tagits på olika platser i dammen för geoteknisk karaktärisering och bedömning av dammen. I denna rapport avhandlas inte tekniska frågor kopplade till bottenutskovet byggt i trä och förstärkt med betong eller tätskärmen (spont av trä som tidigare skarvats i övre delen med en plastspont) som tätande del i dammen.

Georadarmätning med handburen utrustning utfördes som ett enkelt test för att undersöka om metoden kan användas för tolkning dammens uppbyggnad i syfte att få ytterligare mervärden till dokumentationen i fält.

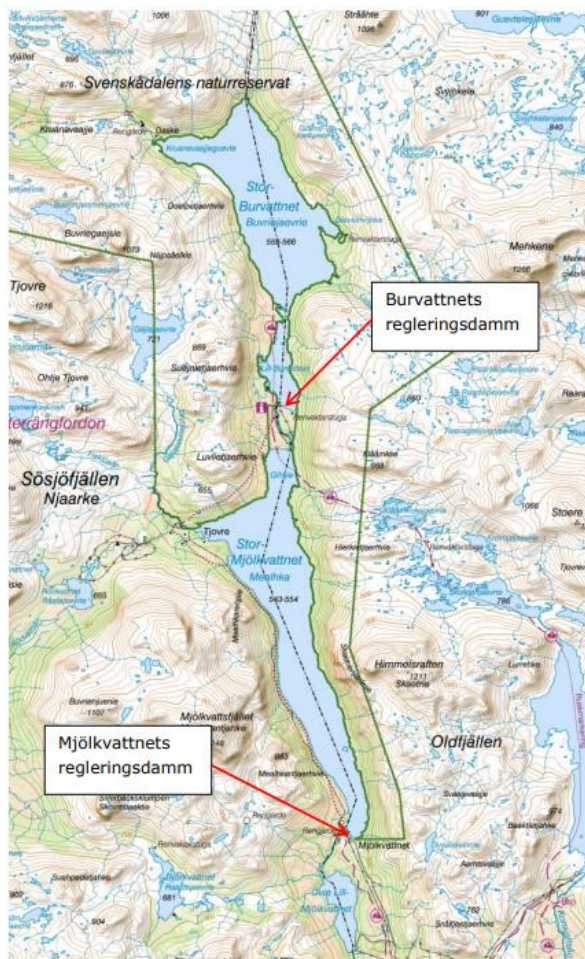
Två studenter vid LTU utförde 2022 varsitt examensarbete kopplat till Burvattnet dels genom en studie inriktad på kontaktersion invid det gamla bottenutskovet och dels en studie av packning av finfilter i den återuppbyggda delen av dammen som uppfördes då det nya betongutskovet var klart. Dessa arbeten redovisas i separata rapporter.

2 Dammanläggningen i Burvattnet

2.1 BAKGRUND

Dammanläggningen i Burvattnet är belägen i västra grenen av Långans källflöden i Krokoms och Åre kommuner i Jämtlands län ca. 130 km fågelvägen nordväst om Östersund. Långan mynnar i Indalsälven öster om Krom. Magasinet är en regleringssjö, som är den första räknat från fjällen, och är uppdelad i två sjöar, Stora och Lilla Burvattnet, med ett mellanliggande sund. Mellan sjödelarna finns en grävd kanal. Närmaste dammanläggning är Mjölkvattnets regleringsdamm som ligger omedelbart nedströms Burvattnet, se Figur 2.1.

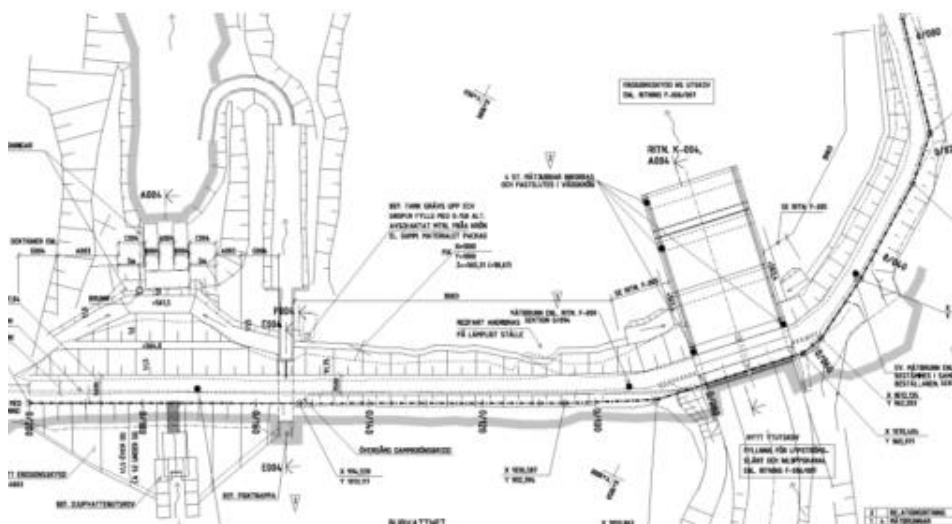
Bilvägen slutar vid Stora Mjölkvattnets södra ände och det finns ingen väg därifrån till Burvattnet. Transport till Burvattnet kan ske via båt, helikopter eller skoter beroende på vatten- och isförhållandena samt vattennivån i Mjölkvattnet.



Figur 2.1 Karta över området med Burvattnet och Mjölkvattnet (från Lantmäteriets webbtjänst).

Dammanläggningen består av fem dammenheter A-E som från vänster i strömriktningen utgörs av A) en jorddamm som är 58 m lång och 11 m hög som innehåller ett bottenutskov av betong byggt 2022, B) en 3 m bred fisktrappa av

betong invid bottenutskovet, C) en 62 m lång jorddamm med höjden 5,4 m, D) ett 14 m långt högvattenutskov byggt i betong och E) en 78 m lång jorddamm med höjden 4,0 m. En översikt av dammanläggningen visas i Figur 2.2 och i Tabell 2.1 sammanfattas några grundläggande data för Burvattnet.



Figur 2.2 Planritning över dammanläggningen (ritning F-001).

Tabell 2.1 Grundläggande data för Burvattnet.

Parameter	Data
Flödesdimensioneringsklass	I
Dammsäkerhetsklass	B
Dämningsgräns	+564,94 m
Sänkningsgräns	+559,04 m
Dammkrön (nivå)	+567,04 m
Höjdsystem	RH00

Vid Burvattnet finns tre avbördningsanordningar. Ett högvattenutskov, ett bottenutskov och en fisktrappa. I Figur 2.3 visas en flygbild över dammanläggningen vid dammprojektet med fångdammar och tillfällig rörhävert under vinter- och sommarförhållanden.



Figur 2.3 Dammanläggningen i Burvattnet vid dammprojektet.

2.2 OPERATIV HISTORIK

Fyllningsdammen i Burvattnet var färdigbyggd och togs i drift 1943 (von Klopp, 2020). I den centrala delen av dammen fanns en träspont, se Figur 2.4 där ett foto visas från byggtiden föreställande delar av de omfattande träarbetena vid byggtiden. En bottenutskovskulvert byggd i trä passerade genom dammen, vilken träsponten var infäst i. Under kulverten, i grundläggningsytan, fanns tre rader med träspont.



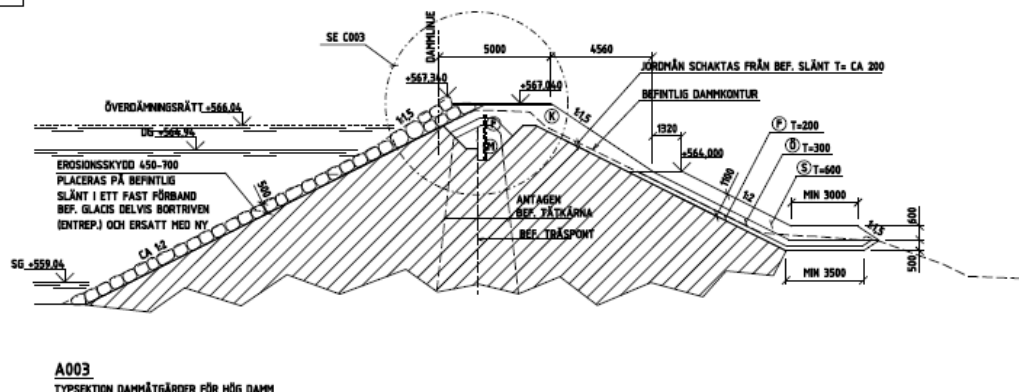
Figur 2.4 Foto från byggtiden.

Man hade vissa dammsäkerhetsrelaterade problem med bottenutskovet och bestämde sig för att förstärka utskovet med betong på kulvertens insida i slutet av 70-talet. Vid dammsäkerhetshöjande åtgärder 2008–2009 byggdes ett nytt ytutskov för att klara dimensionerande flödet, samt förstärktes träspontens övre del med 2 m plastspont och anlades en tåbank på nedströmssidan av fyllningsdammen. År 2021–2023 byggdes ett nytt bottenutskov i betong vid samma läge i dammen som det utrivna gamla träutskovet, utskovskanalen förstärktes, fisktrappan rustades och damminstrumentering installerades m.m.

På 1940-talet byggdes dammen dels för hand, men även med hjälp av hästar, av jordmaterial som fanns lokalt i täkter i dammens närhet. Dammens lokalisering är utmanande för dagens dammbyggare och var förmodligen än mer utmanande för dåtidens då den ligger i väglöst land, i karg fjällmiljö med starka vind- och nederbördsförhållanden samt kallt klimat vintertid med mörker, låga temperaturer, tjäle och rikliga mängder snö.

Konstruktionsritningar och byggbeskrivning av dammen från uppbyggnaden saknas. Plan- och tvärsektion har tolkats av senare års projektörer utan att exakt veta förekomst av tätjord, filter, stödfyllning o.s.v. I Figur 2.5 visas en ritning från projektering av dammsäkerhetshöjande åtgärder 2008. I dammens centrala delar finns en platssågad träspont som utgör dess tätning. Träspontens övre del var i

dåligt skick och byttes ut mot en plastspont från nivån +564,5 m. Dammen är byggd i lutning ca. 1:2 på uppströmssidan och något brantare på nedströmssidan.



Figur 2.5 Tvärsnitt av dammen i Burvattnet efter åtgärder som färdigställdes 2009.

Projektet 2021–2023 utfördes främst för att bygga bort potentiella risker kopplade till bottenutskovet i trä. På uppströmssidan anlades först en liten fångdamm för att därefter kunna bygga uppströms huvudfångdamm i torrhet (se Figur 2.3). Nedströms fångdamm uppfördes för att skydda entreprenadområdet mot spill och höga vattennivåer. Fångdammarna var i drift under två vintrar.

3 Dokumentation av rivning

3.1 INFORMATION OM RIVNINGARBETET

Dammen har dokumenterats vid rivning och jordmaterial har provtagits. På förhand var ett syfte med provtagning att karaktärisera olika zoner i dammen som filter, tätkärna och stödfyllning samt grundläggning. Det visade sig dock att dammen var en homogen fyllningsdamm helt uppbyggd av finkornig morän med en central träspont. De avvikelser som bedömts vara av intresse har dokumenterats och provtagits i den mån som rivningsprocessen möjliggjorde det vid schaktning.

Dokumentation av undergrunden samt mittsektionen av dammen har genomförts av entreprenören. Framtaget provtagningsprogram (se Bilaga 2) behövde minskas ner, dels på grund av att dammen var homogen (inga tydliga zoner för provtagning) samt på grund av schaktarbetets tidsschema. Även väderförhållandena, främst nederbörd, påverkade utförandet av dokumentationen.

Provtagning av planerade stansade prov i cylindrar kunde inte genomföras. Viss provtagning kunde dock genomföras på ett antal platser där jorden bedömdes vara opåverkad för att representera sammansättningen före det att rivningsarbetet påbörjades.

3.2 Fyllningsdammen

Dammen har i sin helhet dokumenterats i den del som schaktades bort. Det har inte varit möjligt att dokumentera varje schaktpall som tänkt då rivningsförfarandet praktiskt inte tillät detta. Under rivningsarbetet har drönarfoton tagits av projektet vid ett antal tillfällen. I Bilaga 5 redovisas PM från dokumentationen i fält.

Utöver provtagning för karaktärisering av dammens uppbyggnad har även följande tagits i beaktning under rivningsarbetet:

- inverkan av tjäle,
- nedbrytning av träspont samt kulvertens tak,
- anslutningar, inre erosion och kontaktersion,
- instrumentering som inte finns med i tidigare underlag.

Under rivningen har vattenvolymeter använts för bestämning av densitet i tre punkter.

3.3 BEAKTADE FENOMEN VID DOKUMENTATIONEN

3.3.1 Tjäle

Tjäle identifierades längs med plastsponten till nivå ca. +565,2 m, vilket motsvarar 1,84 meter tjäldjup intill sponten. Vid schakt kunde inga uppluckrade zoner,

blockuppfrysningar eller islinser identifieras. Däremot påträffades tjälblock (ihopfrusen jord) vid schakt vilket visas i Figur 3.1.



Figur 3.1 Tjälblock intill sponten, med ungefär en meters mäktighet.

I samband med dammsäkerhetshöjande åtgärder 2008–2009 höjdes dammen. Fyllningsmassor ovanpå tätjorden i krönet består av finfilter och krönfyllning, vilket är i enlighet med relationsritningar upprättade av Sweco 2011. Ingen form av tjälisolering kunde påvisas vid schakt i dammkrönet, vilket stämmer överens med bygghandlingar från 2008–2009.

3.3.2 Anslutningar och kontaktersion

Inga spår allmänt av inre erosion eller kontaktersion kunde observeras visuellt under rivningen. Ett antal jordprov togs för siktanalys i syfte att försöka fastställa om transport av finjord har förekommit i anslutningen runt kulverten. Resultaten från denna del redovisas i ett examensarbete från LTU.

Fyllningsdammens anslutning mot grundläggningen kunde inte studeras i fält vid dokumentationstillfällena. Andra anslutningar fanns inte heller tillgängliga då schakten för att blottlägga bottenutskovstunneln utfördes i svag lutning i kvarstående del av fyllningsdammen.

Påträffad instrumentering stämde med underlag från installation av instrumentering från 90-talet. Rivningsprocessen omöjliggjorde dock identifiering av svaghetszoner intill instrumenteringen.

3.3.3 Träspont

Nivån på träspontens överkant uppskattades till ca. +564,5 m då organiskt material började påvisas i jorden under schaktning. I ett parallellt Energiforskprojekt studerade Tina Pählstorp träspont i dammar (Pählstorp, 2023). Exempel från Burvattnet redovisas i den rapporten. Texten nedan baseras på Bilaga 4 samt information från Tina Pählstorp.

Enligt relationshandlingarna borde spanten ha påvisats högre upp i dammen. Träspanten var i mycket dåligt skick på den övre delen och ner till nivå +562,3 (ungefär 2,5 m under DG). Träspanten var i lika dåligt skick både på uppströms- och nedströmssidan från nivå +564,5 m till nivå +562,3 m. Under nivån +562,3 m och nedåt var spanten helt frisk. Ingen skillnad observerades i skick på uppströmssidan jämfört med nedströmssidan. I Figur 3.2 och 3.3 visas exempel på förmultnad träspont över nivån +562,3 m.



Figur 3.2 Exempel på träspont i Burvattnet.



Figur 3.3 Håligheter genom den övre delen av sponten.

Ytterligare en träspont hittades i de djupaste delarna av dammen, ungefär en meter uppströms den centrala träsponten, i anslutning till en vattenförande zon med sten och grus. Sponten var i mycket bra skick.

Tolkningar gjorda baserade på mätningar i vattenståndsrör från 2015 visar på att vattenståndet varit kring nivån som sponten bedöms vara i bra skick. Inga tecken på erosion i moränen i anslutning till sponten kunde visuellt påvisas.

Jordprov har tagits med jämna avstånd uppströms och nedströms intill området där sponten var i dåligt skick. Området kring sponten betraktas som homogent, då det inte kunde ses några tydliga materialgränser av filter. Material i direkt anslutning till sponten upplevdes som "lerigare" på större djup.

Kulverttak (på bottenutskovet) bestod av handsågade träplank. Figur 3.5 visar schakt vid kulverten. Vid tidigare genomförda inspektioner av dammen har svaghetszoner identifierats kopplade till kulverten och dess uppbyggnad, vilket medfört att förstärkningsåtgärder utförts på 70-talet. Ett injekteringsförsök utfördes på utsidan om kulverten och på hela kulvertens insida har betongelement installerats som förstärkningsåtgärd. Spår från injektering visas i Figur 3.6.

Vad gäller kvaliteten på trämaterial i själva kulverten noterades en väldigt tydlig gräns mellan friskt och förmultnat trä i kulvertens tak ca. 12 meter nedströms tätsponten i dammen.



Figur 3.4 Nedströmssidan av spanten i grundläggningsytan under bottenutskovet.



Figur 3.5 Schaktarbeten vid bottenutskovet på dammen nedströms sida.



Figur 3.6 Bottenutskovet i nedströms riktning i området där träkulverten var i dåligt skick. Ovanpå betongelementet syns injekterad betong.

3.4 GEORADAR

Georadarundersökning utfördes vid olika nivåer i dammen vid rivning mellan sektion 0/175 och 0/185. Den utrustning som användes var handburen av fabrikat Malå RAMAC GPR (ground penetrating radar) 250 MHz (oskärmad antenn). Syftet med studien var att avgöra om det är möjligt att tolka dammens uppbyggnad eller att hitta avvikelser genom att använda handburen georadar.

Utrustningens sändare och mottagare befinner sig på avståndet 0,5 m från varandra. Mätningarna utförs genom att mätinstrumentet dras för hand, vilket visas i Figur 3.7. Mätningar utfördes varje sekund, vilket ungefär motsvarar en mätsträcka på 0,5 meter. Avståndet till instrumentets antenn innebär att reflektionen kan uppskattas som $d[m] = \frac{twt[ns]}{2} \cdot 0.1 \left[\frac{m}{ns}\right]$, där $twt[ns]$ är "two-way trave (twt)" uttryckt i nanosekunder.

Vid förekomst av horisontella lager, motsvarar avståndet djupet till ett lager. Reflektioner kan även komma från objekt med annan orientering. Mindre metallföremål eller block syns i georadmätningarna som hyperboliskt formade reflektioner. Detta har dock inte noterats från mätningarna utförda i Burvattnet. Signaldjupet är ungefär 2,5 meter. Mer detaljer redovisas i Bilaga 3.



Figur 3.7 Utrustning för georadarmätningar, Malå 250 MHz Ramac/GPR.

I Tabell 3.1 är utförda mätningar i dammlinjen sammanställda. I Tabell 3.2 redovisas mätningar utförda ovanpå utskovskulverten vinkelrätt med dammlinjen.

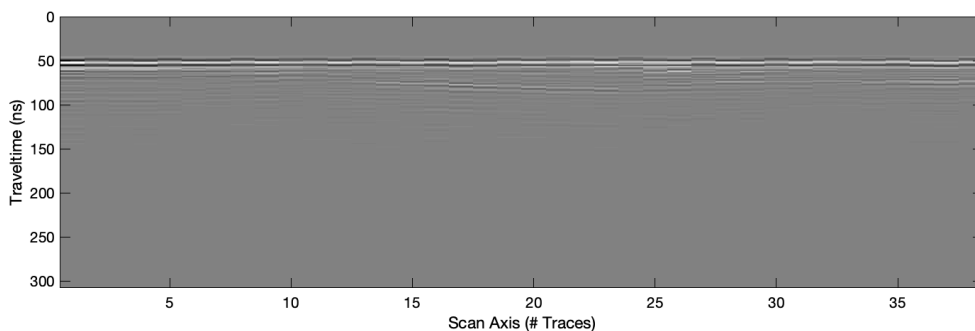
Tabell 3.1 Georadarmätningar utförda i dammkroppen.

Nivå	Uppströms eller nedströms sida om sponten	Sektion	Fil
564,5-565,5 Ojämn yta	NS	0/100 till 0/200	DAT_0060_AI
564,5-565,5 Ojämn yta	US	0/200 till 0/100	DAT_0061_AI
564,5	NS	0/175 till 0/185	DAT_0065_AI
564,5	US	0/185 till 0/175	DAT_0066_AI
562,5-561	NS	0/175 till 0/185	DAT_0068_AI
561-562,5	US	0/185 till 0/175	DAT_0069_AI

Tabell 3.2 Georadarmätningar vid kulverten.

Nivå	Beskrivning av läge		Fil
Överkant kulvert	1 m till vänster om kulverten	Mätningen går från 10 m uppströms spont till 20 m nedströms spont.	DAT_0071_AI
Överkant kulvert	1 m till höger om kulverten	Mätningen går från 10 m uppströms spont till 20 m nedströms spont.	DAT_0072_AI

I Figur 3.8 visas exempel på resultat från utförda georadarmätningar från nivå +564.5 m och undersökt sträcka är 10 m. Det kan ses att undergrunden lutar mot höger sida i diagrammet, vilket motsvarar en lutning nedåt från sektion 0/185 till 0/175 (höger i dammlinjen).



Figur 3.8 Resultat från georadarundersökning i Burvattnet, profil 66.

Under projektet var planen att använda georadar för att tolka dammens uppbyggnad eller hitta avvikelser. För att erhålla ett tillräckligt bra underlag för vidare analys, behöver mätningarna utföras på ett systematiskt sätt på en relativt plan yta vid kända nivåer. Utförs mätningarna samtidigt som andra fältarbeten, behöver de koordineras för att passa in bland övrig verksamhet.

Antalet systematiska mätningar samt den använda frekvensen begränsande faktorer i detta projekt. Det hade varit en fördel att utföra ett antal upprepade mätningar med georadar i samma linje för att med bättre precision kunna tolka resultaten. Det skulle även vara möjligt att använda lägre radarfrekvens för att få information från ett större djup. För mer information om georadarmätningar, se Bilaga 3.

4 Utvärdering av jordmaterial i dammen

4.1 PROVTAGNING I SAMBAND MED RIVNING

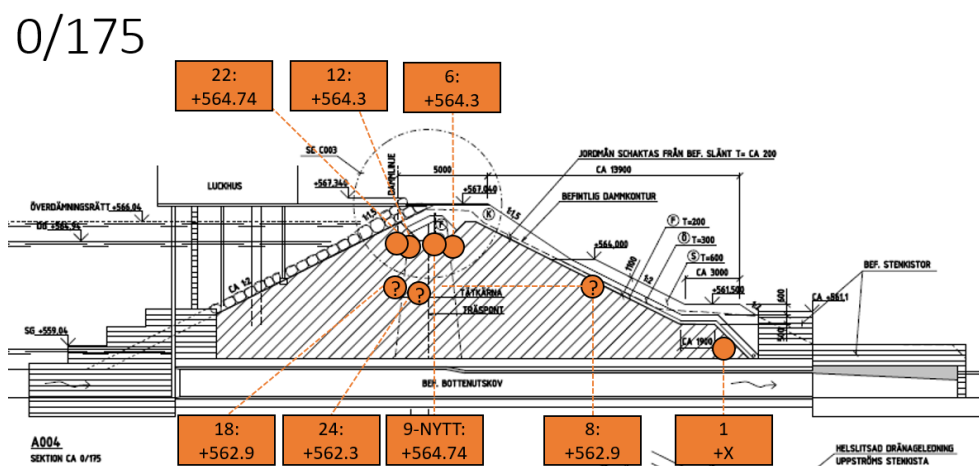
Ett provtagningsprogram upprättades innan rivningen påbörjades, se PM Provtagning i Bilaga 4.

Ingen konventionell zonering kunde ses i fyllningsdammen. I den övre delen av dammkroppen vid dammkrönet, som tidigare uppgraderats med en höjd tätkärna fanns dock filtermaterial. Träsponten i dammen har skarvats med plastspont i övre delen i samband med dammsäkerhetshöjande åtgärder 2008–2009.

Under provtagningen i fält, var planen att provta materialet från dammen i tuber. Med orsak som storlek på materialet (grus och sten), samt pressat tidsschema med schaktarbetet, gick det inte att provta i tuber. Provtagning utfördes i hinkar istället.

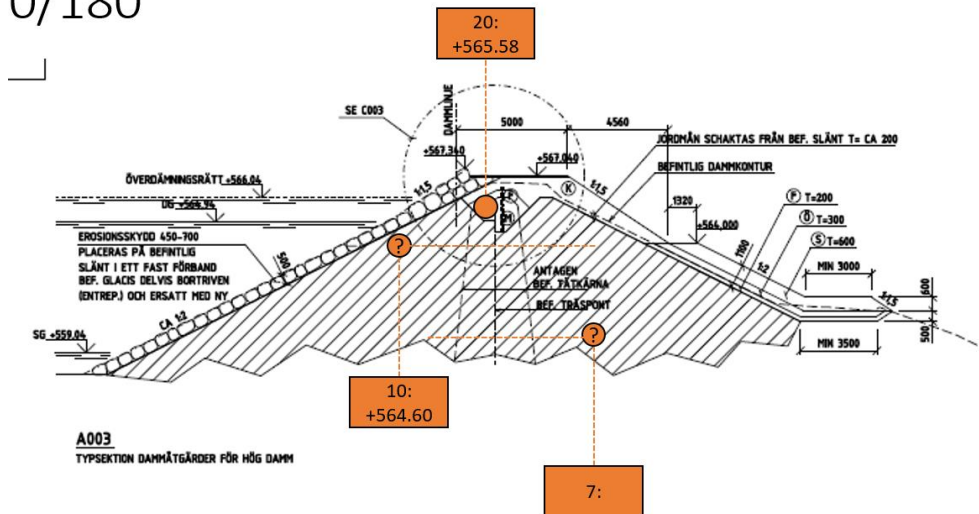
Under dokumentationen i fält och vid laboratoriearbetet noterades organiskt material i de flesta av jordproven, i form av småbitar av bark eller trä. Utöver detta har inga undersökningar gjorts, och glödningsförlust i jorden är inte bestämd.

I Figur 4.1a-d visas sektionerna 0/175, 0/180, 0/185 och 0/190 där provtagning utförts, med läge och nivå på proven. Inom ramen för karaktärisering av dammkroppen har 24 prov tagits. Prov som är specifika för examensarbetet "kontaktersosion" visas i Figur 4.2, vilket totalt omfattar 18 prov; 4 st. 2 m uppströms sponten, 6 st. 2 m nedströms sponten samt 8 st. 12 m nedströms sponten.



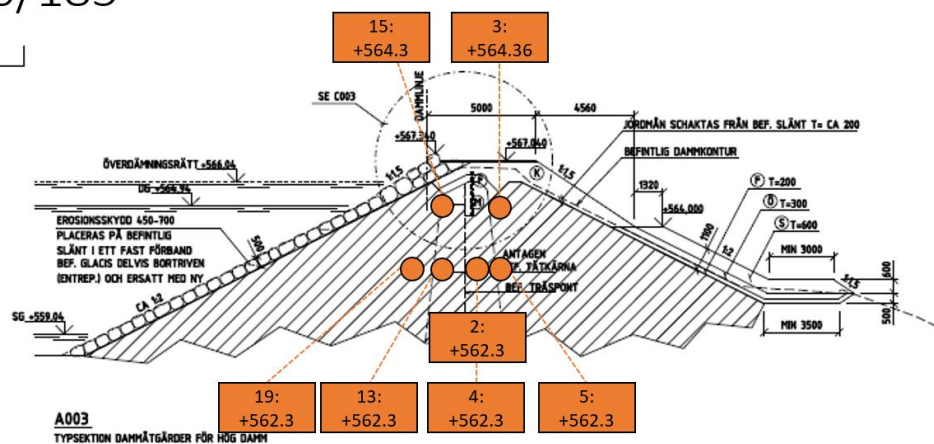
Figur 4.1a Sammanställning av tagna jordprov för sektion 0/175. Läget är osäkert för 18, 24 och 8, men nivån är känd.

0/180



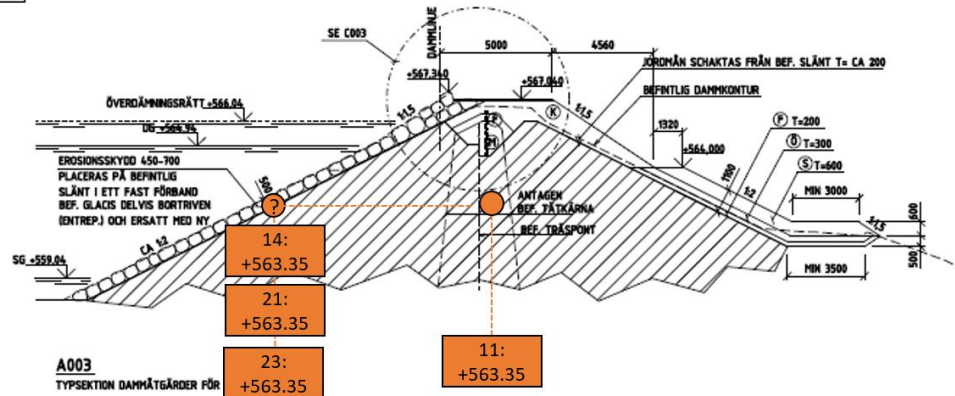
Figur 4.1b Sammanställning av jordprov för sektion 0/180. Nivå och läge för prov 7 är okända, nedströmssida. Läget för prov 10 är okänt.

0/185

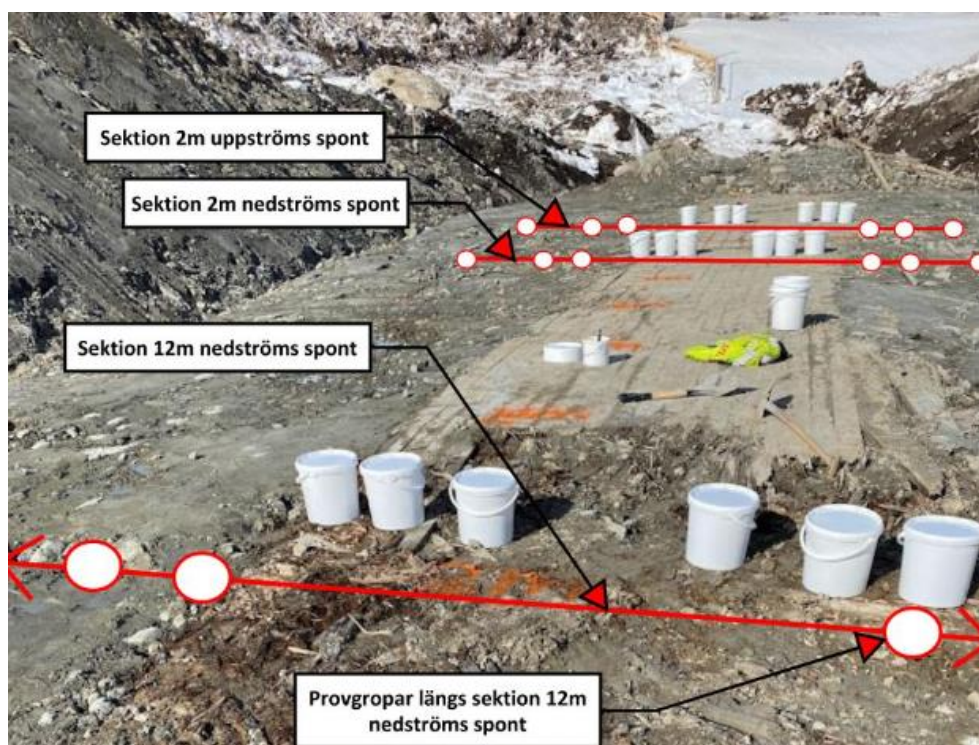


Figur 4.1c Sammanställning av jordprov för sektion 0/185.

0/190



Figur 4.1d Sammanställning av jordprov för sektion 0/190. Nivåerna för prover 14, 21 och 23 är kända, men läget på uppströmssidan är osäkert.



Figur 4.2 Sammanställning prover tagna inom examensarbetet.

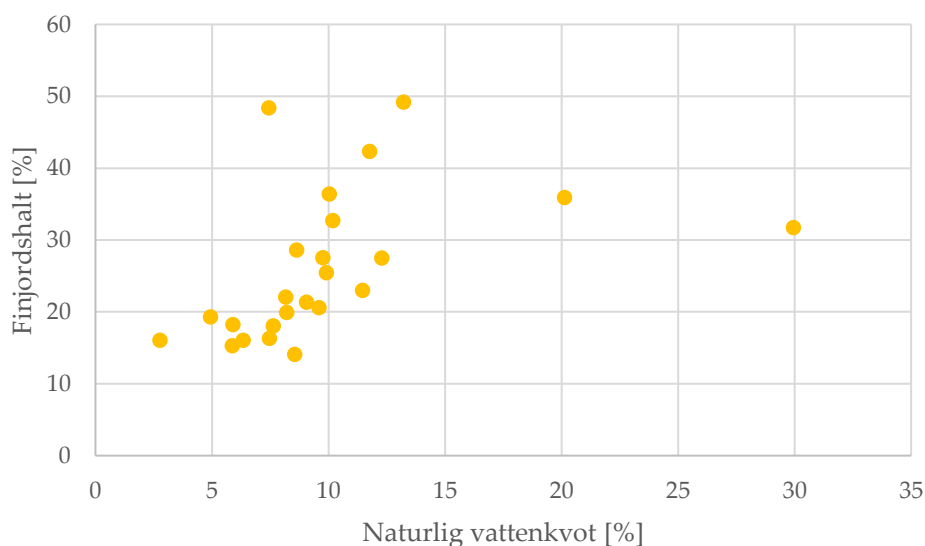
4.2 LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR

Provtaget jordmaterial från dammen har använts för materialkaraktärisering. Samtliga tester och resultat som presenteras har utförts vid LTU. Följande laboratorieprovningar har utförts:

- kornstorleksfördelning genom våtsiktning och sedimentationsanalys,
- pyknometer,
- modifierad Proctorpackning,
- hydraulisk konduktivitet,
- triaxialförsök.

På en delmängd av materialet har det utförts kornstorleksfördelning samt bestämning av naturlig vattenkvot. Vidare provning har utförts på resterande material som var kvar efter bestämning av kornstorleksfördelningen. I Bilaga 2 redovisas en sammanställning över samtliga jordprov, där framgår nivå, naturlig vattenkvot samt mängd finmaterial.

I Figur 4.3 visas resultat för finjordshalten (y-axel) mot naturlig vattenkvot (x-axel). Generellt kan det observeras att material med högre mängd finmaterial har en högre naturlig vattenkvot.

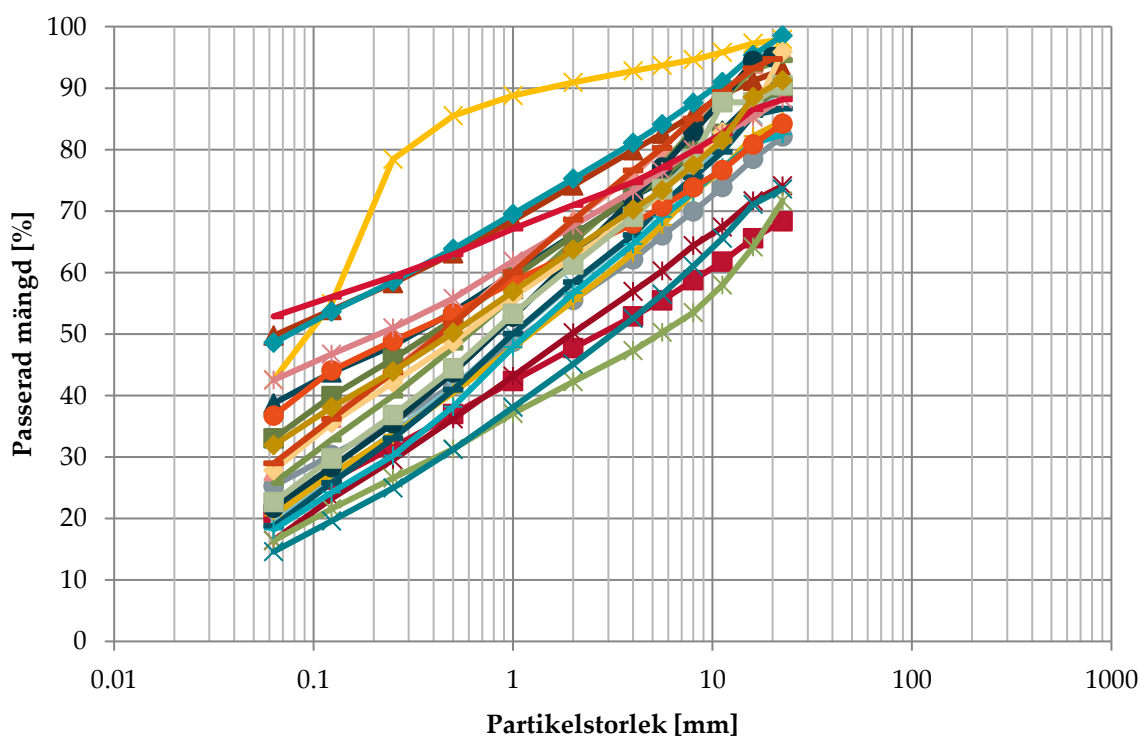


Figur 4.3 Bestämd finjordshalt och naturlig vattenkvot i jordprov (exklusive examensarbetet).

4.2.1 Siktning och sedimentationsanalys

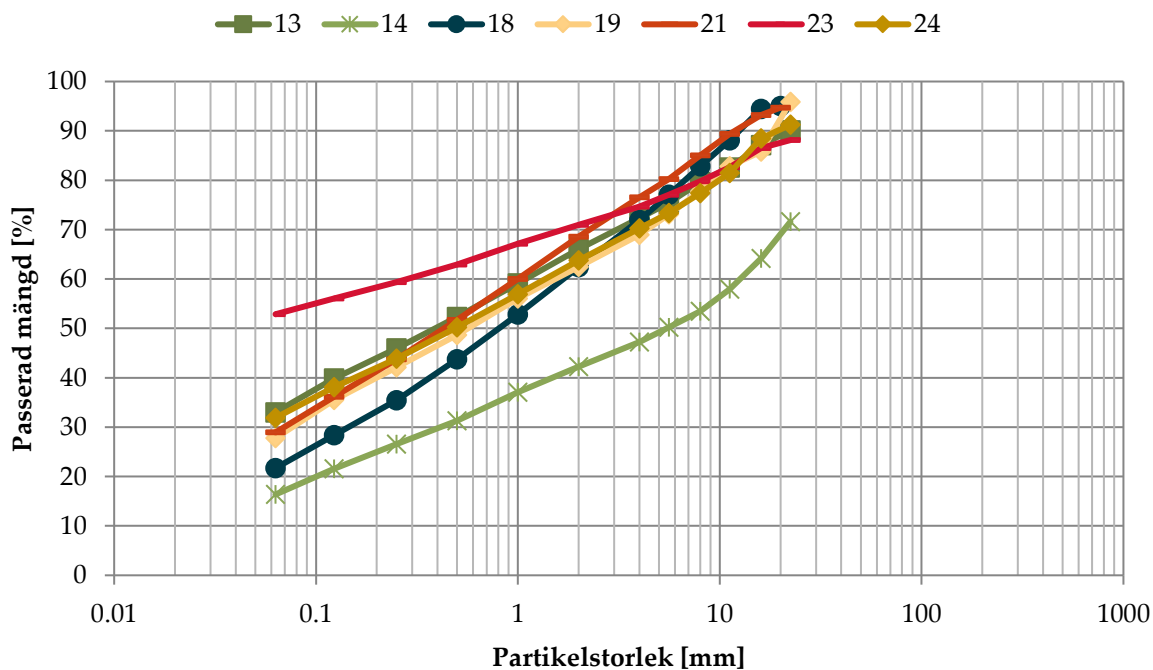
Siktning har utförts på 24 st. prov från dammen. Vid siktning används en serie siktar av trådnät med olika maskvidd, där kornstorleken antas motsvara den fria maskvidden. Först har tvättsiktning av material utförts, på en delmängd av det totala provet, för att separera allt material (finjord) mindre än 0,063 mm. Därefter har materialet torkats och siktats. Minsta maskvidd var 0,063 mm och största 20/20,4 mm. På ett urval av proven har därefter sedimentationsanalys utförts för att bestämma fördelningen av ler och silt mindre än 0,063 mm. Sedimentation utfördes på tre st. prov: 1, 3 och 4.

I Figur 4.4 visas resultat från samtliga 24 siktningar. Finjordshalten varierar mellan 14 och 48 %. Andelen partiklar större än 20 mm varierar mellan 1 och 31 %.

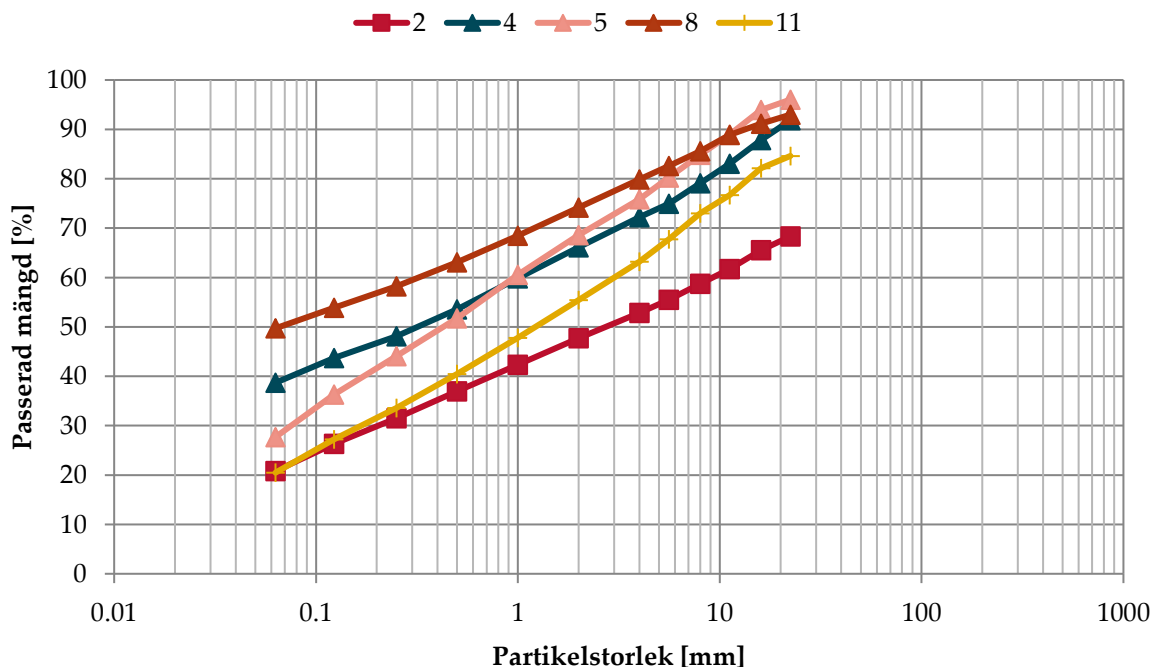


Figur 4.4 Sammanställning av kornstorleksfördelning för samtliga 24 jordprov från Burvattnet.

I Figur 4.5a samt 4.5b visas resultat för siktningar från prov tagna ungefär mitt i dammkroppen (nivå +563 möh), på uppströms- respektive nedströmssida om spontan.



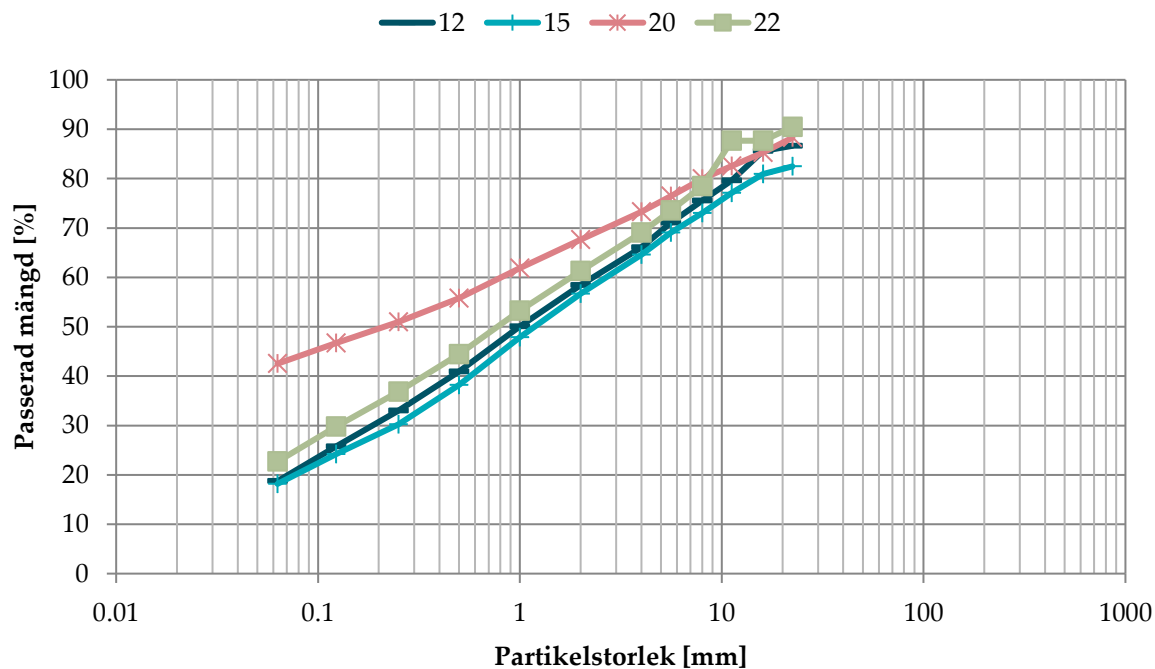
Figur 4.5a Sammanställning av kornstorleksfördelning, nivå +563 m, på dammens uppströmssida.



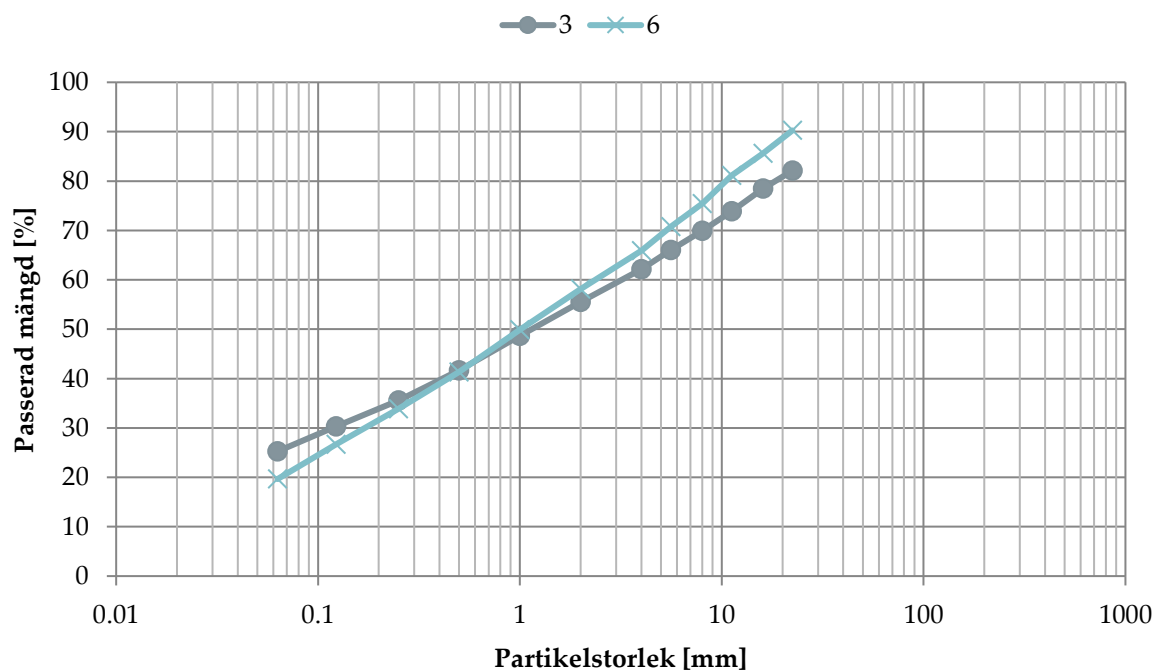
Figur 4.5b Sammanställning av kornstorleksfördelning, 0,5H nivå +563 m, på dammens nedströmssida.

I Figur 4.6a samt 4.6b visas motsvarande resultat för siktning av material högst upp i dammkroppen på nivån +565 möh, för uppströms- respektive nedströmssida

om spanten. Material från prov numrerat 20 är "ny" morän som lades dit 2008–2009, vilket alltså inte är material från den ursprungliga dammen.



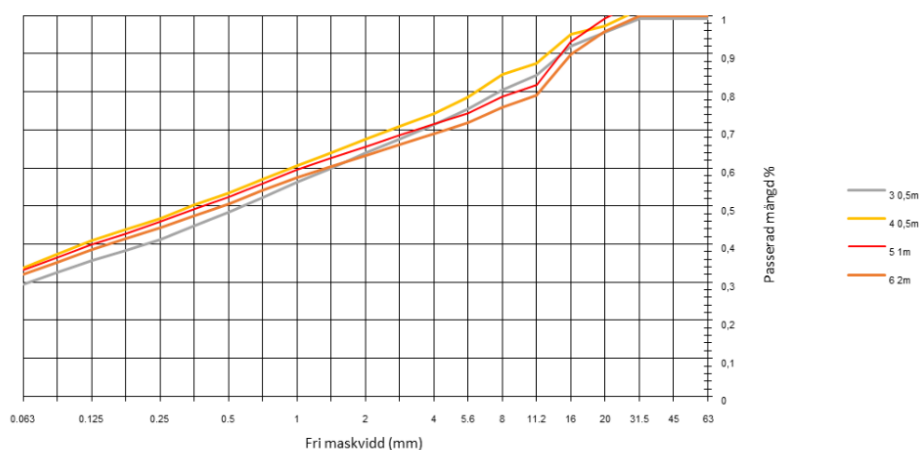
Figur 4.6a Sammanställning av kornstorleksfördelning, nivå 565 m, på dammens uppströmssida.



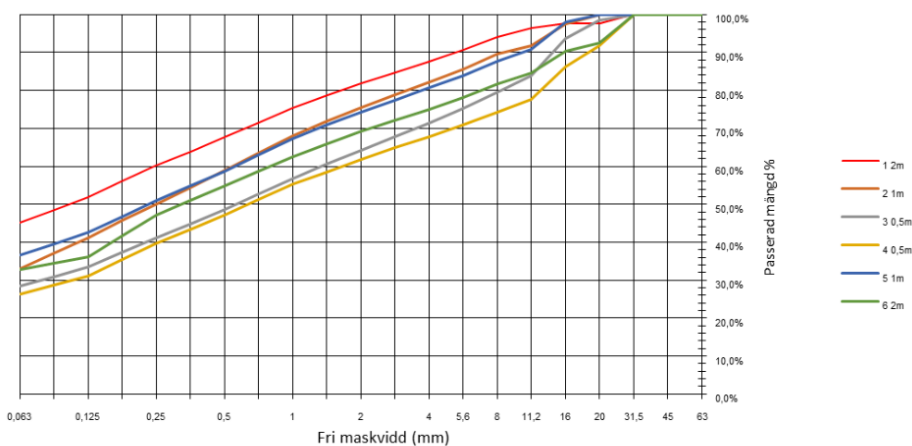
Figur 4.6b Sammanställning av kornstorleksfördelning, nivå 565 m, på dammens nedströmssida.

Material till den gula kurvan i Figur 4.4 är provtaget 5 meter nedströms dammlinjen, 15 cm från kulverttak. Prov 1 är det enda provet bland de 24 som ingår i Energiforsksprojektet som är från området invid kulverten.

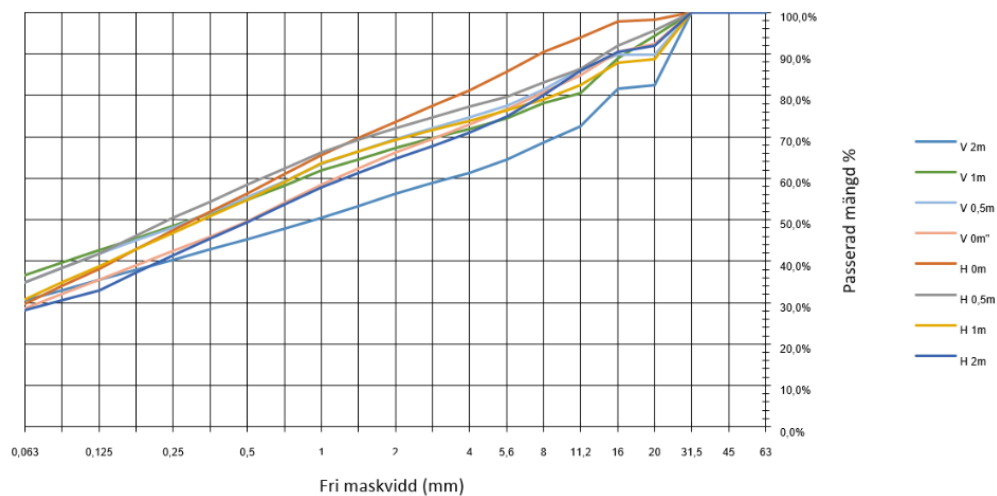
I Figurer 4.7a-c presenteras kornstorleksfördelning för material kring kulverten. Andelen finmaterial är 28-36% 2 m uppströms spanten, 28-48% 2 m nedströms spanten och 26-46% 12 m nedströms spanten. Vattenkvoten är 10-12 % 2 m uppströms, 9-15% 2 m nedströms samt 7-20% 12 m nedströms spanten.



Figur 4.7a Sammanställning kornstorleksfördelning, 2 meter uppströms spanten.



Figur 4.7b Sammanställning kornstorleksfördelning, 2 meter nedströms spanten.



Figur 4.7c Sammanställning kornstorleksfördelning, 12 meter nedströms sponten.

Sedimentationsförsök har utförts för tre prov: 1, 3 och 4. Resultaten har sammanställts i Tabell 4.1, där andelen av silt och ler motsvarar andelen av det totala provet (inklusive material från siktning).

Tabell 4.1 Resultat från sedimentationsanalys.

Prov	Silt [%]	Ler [%]	Läge och nivå
1	33,4	2,5	Nedströms, kulverttak +559m, sektion 0/175
3	15,0	0,3	Nedströms, +564,36m, sektion 0/185
4	21,4	1,6	Nedströms, +562,3m, sektion 0/185

4.2.2 Pyknometerförsök

Bestämning av korndensitet har utförts med pyknometerförsök för materialprov 7, 9, 14, 22, 23. En bestämning har utförts för varje prov. Korndensiteten är i genomsnitt 2,67 t/m³, resultat visas i Tabell 4.2.

Tabell 4.2 Resultat från pykonometerförsök.

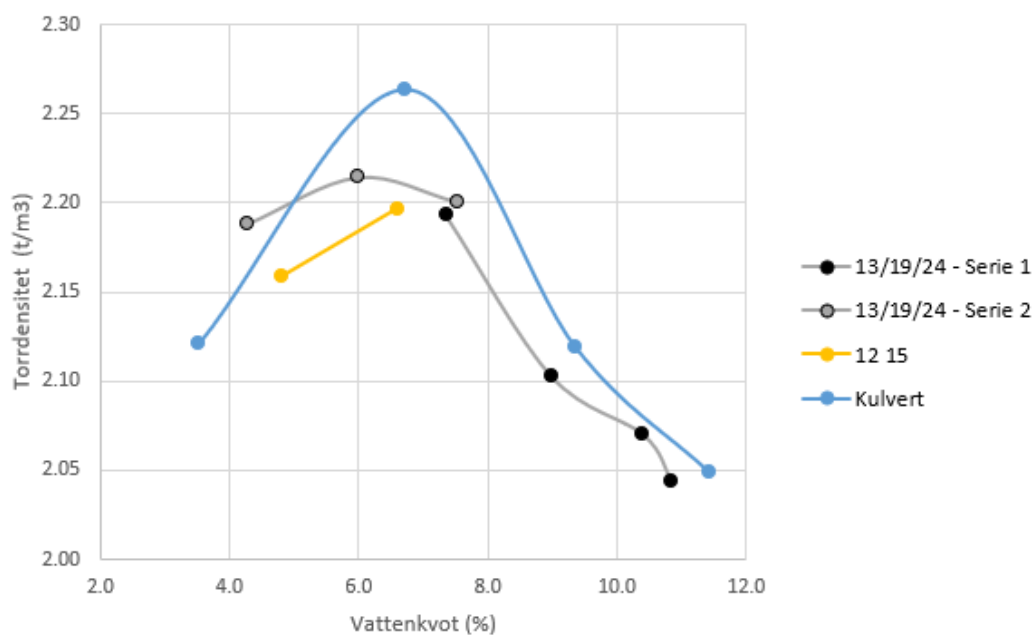
Prov	Korndensitet [t/m ³]
7	2,68
9	2,66
14	2,68
22	2,67
23	2,67

4.2.3 Proctorpackning

Modifierad Proctorpackning har utförts på två olika moränmaterial inom Energiforskprojektet samt även inom examensarbetet. Till provningen inom Energiforskprojektet valdes material med liknande kornstorleksfördelning ut, då mängden tillgängligt material inte var tillräcklig för att utföra testerna fullt ut. För materialet benämnt 12/15 fanns inte tillräcklig mängd material för att utföra fler punkter än det som redovisas.

- Material från prov numrerade 12/15
 - Högt uppe i dammkroppen, uppströmssida
 - 18% finmaterial
- Material från prov numrerade 13/19/24
 - Halvvägs upp i dammkroppen, uppströmssida
 - 27-32% finmaterial
- Material från området omkring kulverten
 - Del av examensarbetet
 - Material till Proctor består av en blandning av allt prover från provtagning kring kulverten. Ungefär 28-48% finmaterial.

Resultatet från Proctorpackning presenteras i Figur 4.8.



Figur 4.8 Resultat från Proctorpackningsförsök av morän från Burvattnet.

Maximal torrdensiteten varierar mellan 2,19 och 2,26 t/m³ och den optimala vattenkvoten ligger mellan 6 och 7%.

Tre densitetsbestämningar i fält utfördes på dammen med vattenvolymeter. Samtliga prov är från sektion 0/185. Vid beräkning av packningsgrad har 2,19 använts som maximal torrdensitet. Jordproven var mycket blöta.

Tabell 4.3 Resultat från volymeterprovning och packningsgrad.

Prov	Läge och nivå	Vattenkvot [%]	Torrdensitet [t/m ³]	Packningsgrad* [%]
1	1 m uppströms spont, +562,5	21,7	1,38	63%
2	1 m nedströms spont, +562,5	10,3	1,70	77%
3	1 m nedströms spont, +562	10,5	1,88	86%

* kvoten mellan torrdensitet i fält och maximal torrdensitet

4.2.4 Hydraulisk konduktivitet

Bestämning av hydraulisk konduktivitet har utförts genom en uppställning av rörpermeametrar med vattenströmning nedifrån. I Tabell 4.3 presenteras resultaten från försöken. Totalt har åtta prov testats med diametern 5 cm och höjden 10 cm. Redovisade värden har utvärderats när ett stabilt flöde har uppnåtts genom provet.

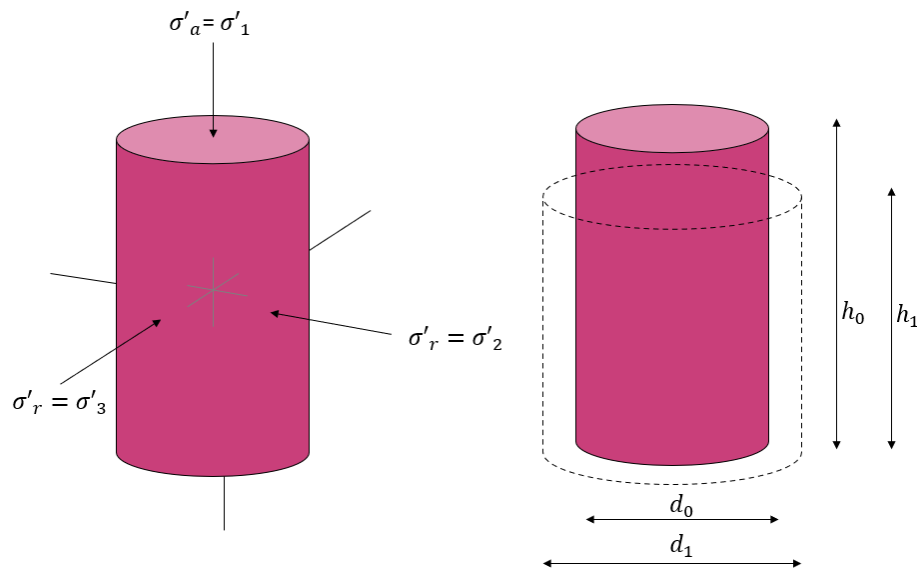
Tabell 4.3 Resultat från bestämning av hydraulisk konduktivitet

Prov	Finjordshalt [%]	Vattenkvot vid inpackning [%]	Torrdensitet [t/m ³]	Hydraulisk konduktivitet [m/s]
13/19/24 – 1	30	Ca 10	1,83	1,8E-10
13/19/24 – 2			1,83	2,1E-7
13/19/24 – 3			1,76	1,5E-6
13/19/24 – 4			1,77	7,7E-7
12/15 – 1	18,1	Ca 6	1,90	2,8E-6
12/15 – 2			1,87	2,0E-7
12/15 – 3			1,90	1,7E-6
12/15 – 4			1,82	3,3E-6

4.2.5 Triaxialförsök

I ett triaxialförsök undersöks jords hållfasthets- och deformationsegenskaper. I försöket går det att återskapa spänningsförhållanden, inklusive porttryck, motsvarande de som råder i fält. Detta gör metoden till den generellt mest lämpliga för att undersöka jords hållfasthets- och deformationsegenskaper (SGF, 2012).

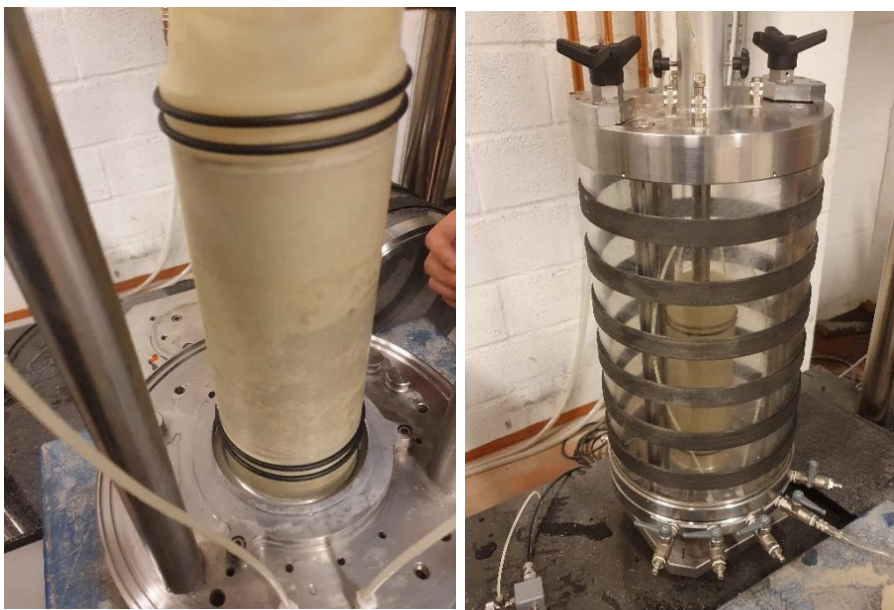
Jordprovet utsätts för tryck i axial- och radialriktningen, se vänster del av Figur 4.9. Det effektiva axialtrycket σ'_a motsvarar huvudspänningen σ'_1 . Det effektiva radialtrycket σ'_r motsvarar huvudspänningarna $\sigma'_2 = \sigma'_3$, därför används endast σ'_3 för att vidare representera det effektiva radiella trycket. Under provningen kommer jordprovet uppvisa töjningar, vilket illustreras till höger i Figur 4.9.



Figur 4.9 Huvudspänningsriktningar i ett triaxialförsök (t.v.) och töjningar av ett prov (t.h)

På ett urval av de upptagna jordproven har det utförts triaxialprovning för att utvärdera materialets hållfasthets- och deformationsegenskaper. De utförda proven är av typen dränerade aktiva. Provningen har utförts för tre olika effektiva celltryck; 50, 100 och 150 kPa. Under försökens gång lyckades 50% av proven.

De utförda triaxialproven är utförda med hjälp av en storskalig triaxialapparat, $d=10$ cm samt $h=20$ cm. I Figur 4.10 visas ett prov i triaxialapparaten, efter inpackning (t.h.) samt efter cellen har monterats (t.v.). I Tabell 4.4 visas provens indata samt vid vilket celltryck triaxialförsök har utförts.



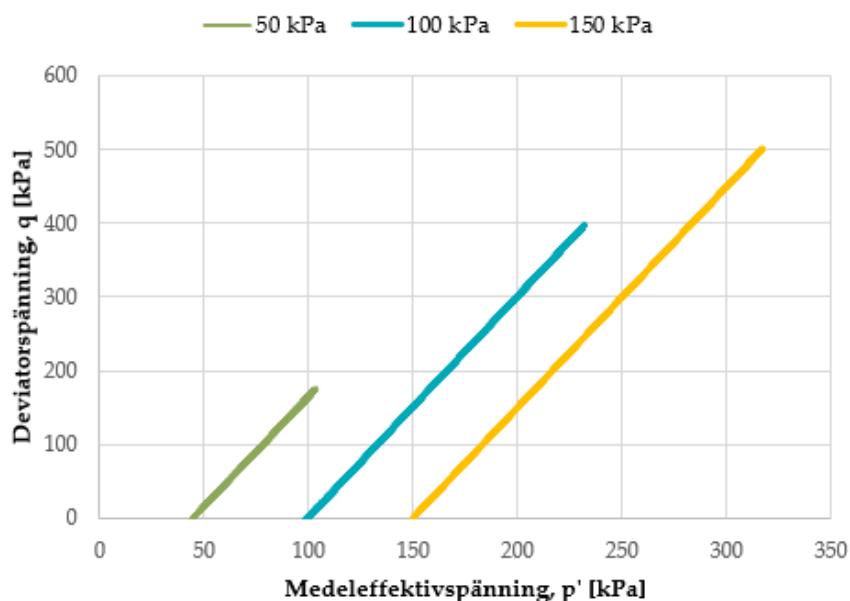
Figur 4.10 Triaxialprovning av jordmaterial från Burvattnet, jordprov med membran (t.v.) samt när cellen har monterats (t.h.).

Tabell 4.4 Indata för triaxialprovning.

Effektivt celltryck [kPa]	Prov-nummer	Finjords-halt [%]	Vattenkvot vid inpackning [%]	Torr-densitet [t/m ³]	Packnings-grad*
50	14	16,1	6,3	1,86	84
100	21	28,6	8,6	1,92	87
150	18	21,4	9,1	1,86	84

*Jämfört med resultat från modifierad Proctor för 13/19/24, max 2,21 t/m³

I Figur 4.11 presenteras ett q-p'-diagram, som har varit basen för utvärdering av friktionsvinkel och kohesion.



Figur 4.11 Resultat från triaxialförsök med deviatorspänning q som funktion av medeleffektivspänning p' .

Dras en linje som anpassas till spänningen vid brott för samtliga prov, kan ett värde på friktionsvinkeln utvärderas till 37,8 grader och en kohesion på 11,9 kPa. Då det förekommer skillnader i finjordshalt analyseras istället resultat från två prov åt gången. I Tabell 4.5 visas utvärderingar för friktionsvinkel och kohesion. I Tabell 4.6 presenteras ytterligare uttolkade resultat från triaxialprovningen.

Tabell 4.5 Utvärderade resultat från triaxialförsök.

Kombination	Friktionsvinkel [°]	Kohesion [kPa]
21+18 (högre finjordshalt)	30	55,9
14+18 (lägre finjordshalt)	37,4	9,3

Tabell 4.6 Uttolkade resultat från triaxialprovning.

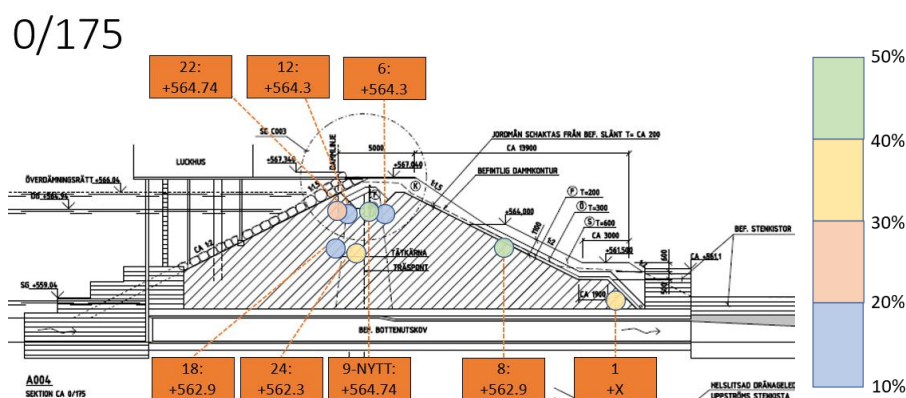
Parameter	Effektivt celltryck [kPa]		
	50	100	150
Sekantmodul [MPa]	5	11,6	16,6
Dilatationsvinkel	0	0	0
Största deviatorspänning [kPa]	176,5	398,1	501,5
Största medeleffaktivspänning [kPa]	103,8	232,1	317,3

5 Tolkning av dammens uppbyggnad

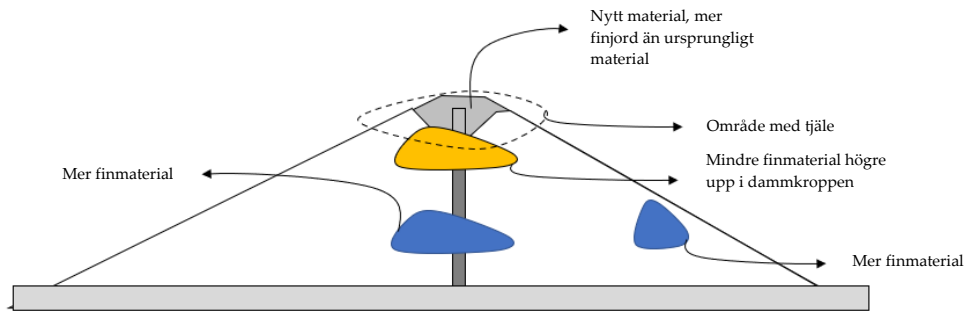
Dammen i Burvattnet är ursprungligen byggd på 1940-talet som en homogen fyllningsdamm bestående av finkornig morän. Inget traditionellt filtermaterial påträffades i dammen annat än kring den moränfyllning som gjordes då träsponten skarvades 2008-2009. Träsponten var av gott skick under nivån +562,3 m. Ovanför denna nivå var skicket mycket dåligt.

Variation av finjordshalt presenteras nedan i Figurer 5.1-5.4. Finjordshalten presenteras i intervall om 10%, med färgkodning enligt skala i figurerna. Några observationer utifrån fördelningen av finjordshalten är:

- Högst finjordshalt påträffades kring kulverten (prov 1) och högt upp i den centrala delen av dammen (prover 9 och 20, nytt material från 2008-2009). Hög finjordshalt återfinns även på nedströmssidan (prov 8), ett område där lägre eller inga vattenflöden förväntas.
- Originalmaterialet högst uppe i den ursprungliga delen av dammen innehåller lägre andel finmaterial.



Figur 5.1 Variation av finjordshalt, sektion 0/175.



Figur 5.5 Tolkning av dammens uppbyggnad och områden med mer respektive mindre finjordsännehåll än ursprungligt material.

6 Diskussion och slutsatser

Utrivning av framförallt små dammar och kraftstationer kan bli vanligare förekommande i framtiden. Varje sådant projekt är i sig en möjlighet att inhämta kunskap om hur dammanläggningar byggts och påverkats av drift. Varje anläggning har dock unika lokala förutsättningar och därmed råder varierade möjligheter till att utföra utvecklingsprojekt. Framtida rivningar kan möjliggöra kunskapsinhämtning om exempelvis åldrande av fyllningsdammar, betongdammar, grundläggning (jord och berg), injekteringsskärmar och förankringar m.m.

I samband med dammsäkerhetsprojektet i Burvattnet gavs en unik möjlighet till att utföra detta projekt i samband med rivning av dammen för anläggande av ett nytt bottenutskov. En lärdom från projektet är att tid behöver avsättas för att hinna med grundlig dokumentation och provtagning.

De upptäckter som gjordes i dammen var att det fanns en delvis degraderad träspont, i de övre delarna av dammkroppen. Även bottenutskovet var delvis degraderat. Stora delar av båden sponten och bottenutskovet var dock i bra skick på större djup. Förekomst av organiskt material noterades i upptagna jordprov, sannolikt härrörande från växtdelar i jorden och trämaterial från sponten. Tjäle noterades i dammkrönet ned till 1,8 m djup. Det noterades att dammen byggts upp av olika typer av morän (vilket syntes av olika färgväxlingar och inslag av oxidation). Det horisontella oxiderade skiktet kan eventuellt vara kopplat till att dammen under byggtiden, innan den var uppe i full höjd, översvämmades. Med blotta ögat gick inte att se tecken på inre erosion i dammen, vid grundläggning eller i anslutning till träspont och bottenutskov. Förekomsten av sten och block bedömdes som låg. Av kuriosa påträffades ett flertal avrostade spikar vilket ger ett hum om hur de påverkats efter 80 år.

På fotografier förefaller jorden vara torrare högt upp i dammen jämfört med på lägre nivåer där den är betydligt blötare. Från laboratorieprovningen kan det noteras att den naturliga vattenkvoten är 5–10% på uppströms sidan, inget mönster kan dock noteras m.h.t. till nivå. På nedströmssidan visas ett tydligt samband med ökande naturlig vattenkvot (5–20%) med djupet. Med hänsyn till hur tryckfallet förväntas vara över sponten, kan dessa skillnader i vattenkvot anses vara förväntade. Här kan nederbörd och vattenförhållandena lokalt vid schakt ha påverkat då vatten söker sig till lägre nivåer.

Från resultat från laboratorieprovningen kan konstateras att:

- Baserat på kornstorleksanalys av moränen från dammen varierar innehållet inom stora gränser både vad gäller finjordshalt, stenhalt, gradering och förhållande mellan grov- och finkornigt material i samma prov.
- Packningskaraktäristikan, maximal torrdensitet och optimal vattenkvot, var förväntad för en typisk finkornig morän.
- Triaxialförsöken gav en förhållandevis hög kohesion och inre friktionsvinkel. Dock ska sägas att laboratorieprovning av stora jordprov som i detta fall tillhör undantag då standardprovning utförs med en provdiameter på 50 mm.

Det har ett stort värde att dokumentations- och provtagningsprogram upprättas i förväg och att detta kommuniceras med inblandade personer i projektet (ägare, konsulter, entreprenörer, utförare). Detta eftersom schaktarbete för projekt av naturliga

skäl ska utföras så snabbt som möjligt emedan dokumentationen i sig kräver tid och stillestånd för att kunna utföras tillfyller.

7 Referenser

Lagerlund, J. och Nilsson, Å. (2020). *Anslutningar i fyllningsdammar, utformning, möjliga skador, detektion och åtgärder*, Energiforsk, rapport 2020:643, ISBN 978-91-7693-643-2.

Påhlstorp, T. (2023). *Träspont i fyllningsdammar, en kunskapssammanställning*, Energiforsk, rapport 2023:915, ISBN 978-91-7673-915-0.

RIDAS 2020 TV 9 Fyllningsdammar.

Svenska Geotekniska Föreningen. (2012). *Triaxialförsök: En vägledning*. SGF Rapport 2:2112, Linköping, Sverige: Svenska Geotekniska Föreningen (SGF)

Von Klopp, H. (2020) *Indalsälven, en kraftkälla i tiden, Livonia print*, ISBN: 978-91-87243-24-0.

BILAGA 1
FOTOGRAFIER



Figur 1a. Plastspont, nära dammkrönet (nivå ca. +566m).

BILAGA 1
FOTOGRAFIER



Figur 1b. Plastspont.

BILAGA 1
FOTOGRAFIER



Figur 2a. Träspont, övre delen som var i dåligt skick.

BILAGA 1

FOTOGRAFIER



Figur 3a. Centrala delen av spanten samt kulverttaket på bottenutskovet, vy från nedströmssidan.

BILAGA 1

FOTOGRAFIER



Figur 3b. Centrala delen av spanten samt kulverttak.



Figur 3c. Centrala delen av spanten samt kulverttak och vänster slänt i fyllningsdamm.

BILAGA 1
FOTOGRAFIER



Figur 3d. Centrala delen av sponten samt kulverttak.

BILAGA 1
FOTOGRAFIER



Figur 4a. Kulverttak, nedströmssida.

BILAGA 1
FOTOGRAFIER



Figur 4b. Kulverttak, nedströmssida.

BILAGA 1
FOTOGRAFIER



Figur 5a. Organiskt material.

BILAGA 1
FOTOGRAFIER



Figur 5b. Organiskt material.

BILAGA 1
FOTOGRAFIER



Figur 6a. Tjälblock, övre delen av dammen.

BILAGA 1
FOTOGRAFIER



Figur 6b. Tjälblock, övre delen av dammen.

BILAGA 1
FOTOGRAFIER



Figur 7. Rostig spik.

BILAGA 1

FOTOGRAFIER



Figur 8a. Fotografiet visar t.ex. uppströms fångdamm, ytutskovet med två utskovsluckor, tillfälligt hävertutskov (svarta rör) samt pågående schaktarbeten.



Figur 8b. Fotografiet visar att moränslänterna i läget för där dammen schaktats ner är skyddade. Man ser fiskvägen och att man spiller i ytutskovet, man ser nedströms fångdamm.

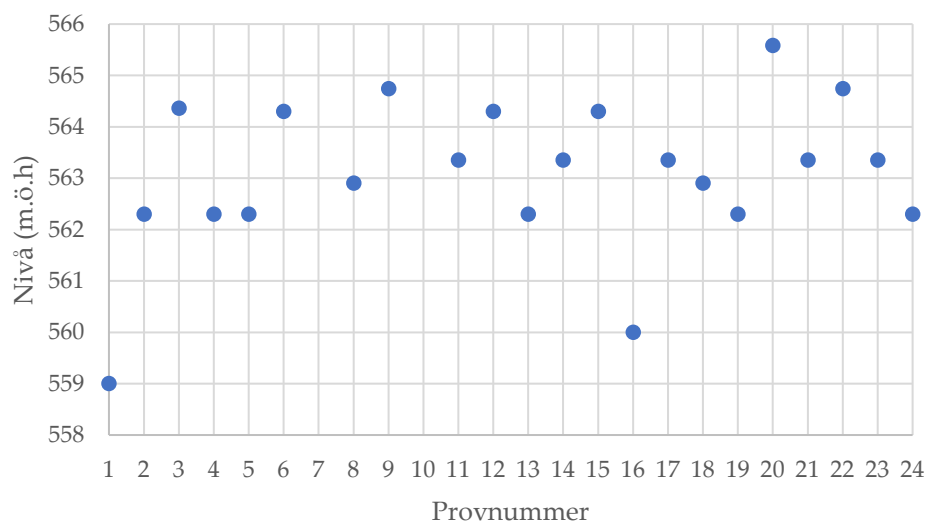
BILAGA 2

LABORATORIEPROVNING

Prov	Nivå (m.ö.h.)	Vattenkvot (%)	Finmaterial (%)	0/175	0/180	0/185	0/190
1	559	20,1	35,9	NS			
2	562,3	9,6	20,6			NS	
3	564,36	5,9	15,3			NS	
4	562,3	11,5	23,0			NS	
5	562,3	12,3	27,5			NS	
6	564,3	4,9	19,3	NS			
7		2,8	16,1		NS		
8	562,9	13,2	49,2	NS			
9	564,74	7,4	48,4	NS			
10		9,9	25,5		*		
11	563,35	8,2	20,0				NS
12	564,3	5,9	18,3	US			
13	562,3	10,2	32,7			US	
14	563,35	6,3	16,1				US
15	564,3	7,6	18,0			US	
16	560	10,0	36,4				*
17**	563,35	8,6	14,1				
18	562,9	9,1	21,4	US			
19	562,3	9,8	27,6			US	
20	565,58	11,8	42,3		US		
21	563,35	8,6	28,6				US
22	564,74	8,2	22,1	US			
23	563,35	7,5	16,3				US
24	562,3	30,0	31,7	US			

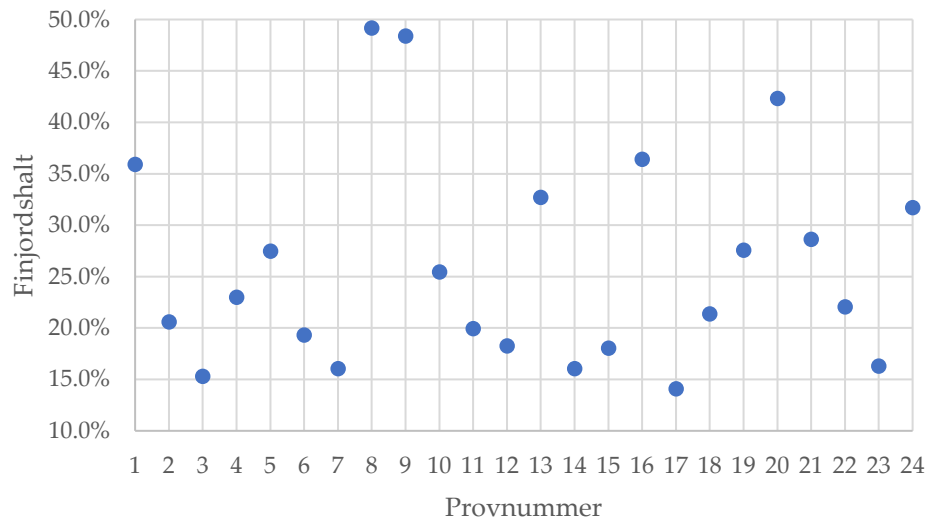
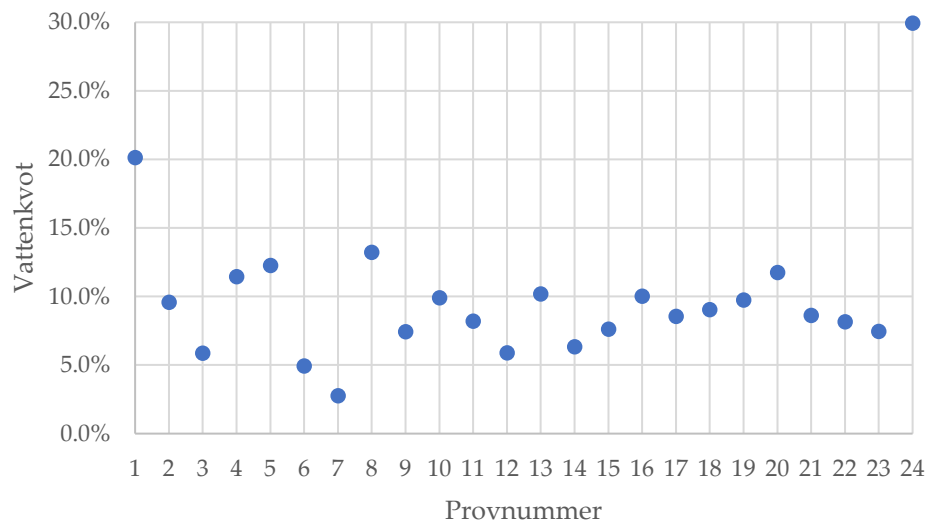
*Nivå är okänd

** Okänd



BILAGA 2

LABORATORIEPROVNING



Georadar profiles

Eight profiles were measured with the Malå ground penetrating radar (GPR) 250 MHz system (Figure 1). The transmitter and receiver are located adjacent to each other with offset <0.5 m. Measurements are performed by dragging the GPR antennas over the surface along profile lines while walking. A radar trace corresponding to averaging over 1 second intervals (roughly 0.5 m) are provided as output from the system. The radar transmits a short electromagnetic pulse with positive and negative polarity (wavelet) which is reflected back to the equipment from layers and interfaces. Black and white colouring are used to indicate and distinguish polarity.

The small antenna offset implies that distance to a measured reflector can be estimated roughly as $d[m] = \frac{twt[ns]}{2} \cdot 0.1 \left[\frac{m}{ns}\right]$, where $twt[ns]$ is the two-way travel time in units of ns. The twt is read in the diagrams below as the time difference between the reflection and the first reflection corresponding to the surface. In the case of horizontally layered structures the distance would correspond to depth to the layer. Reflections can however come from dipping structures. Smaller objects such as metal scrap or boulders are often noted in GPR data as hyperbola shaped reflections. Hyperbola shaped reflections are however not seen in the recorded profiles. The depth penetration is roughly 2.5 m.

Data recorded are provided below for twenty profiles. In the following some results of the radar measurements are shown. On the horizontal axes the length of the scanning as given in table 1 linked by the number of DAT equivalent to GPR is given. The y axes show the two-way travel time which can be interpreted as distance to the reflector as mentioned above. Thus, a reflector (seen as adjacent alternating dark/white curved lines along the profile direction) at 40 nano second corresponds roughly to 2 metres from radar position. In the case of horizontal and gently dipping layers, the distance indicates the depth to the layer.



Figure 1. The 250 MHz Ramac/GPR antenna system used for measurements. Measurements are done continuously while dragging the antenna along surface profiles.

BILAGA 3

PM GEORADAR

Below the performed measurements are listed, in Table 1 and 2. In Table 1, the presented measurements were performed parallel to the axis of the dam. In Table 2, In Table 1, the presented measurements were performed perpendicular to the axis of the dam and parallel to the wooden bottom outlet.

Table 1. Georadar measurements parallel to the axis of the dam.

Level	Upstream or downstream side of the sheet pile wall	Section and length	File
564,5-565,5 Uneaven surface	DS	0/100 till 0/200	DAT_0060_AI
564,5-565,5 Uneaven surface	US	0/200 till 0/100	DAT_0061_AI
564,5	DS	0/175 till 0/185	DAT_0065_AI
564,5	US	0/185 till 0/175	DAT_0066_AI
562,5-561	DS	0/175 till 0/185	DAT_0068_AI
561-562,5	US	0/185 till 0/175	DAT_0069_AI

Table 2. Georadar measurements perpendicular to the axis of the dam, along the line of the bottom outlet.

Level	Description		File
Top of culvert	1 m to the left of the culvert	The measurement is from 10 metres upstream the sheet pile wall to 20 metres downstream the sheet pile wall.	DAT_0071_AI
Top of culvert	1 m to the right of the culvert	The measurement is from 10 metres upstream the sheet pile wall to 20 metres downstream the sheet pile wall.	DAT_0072_AI

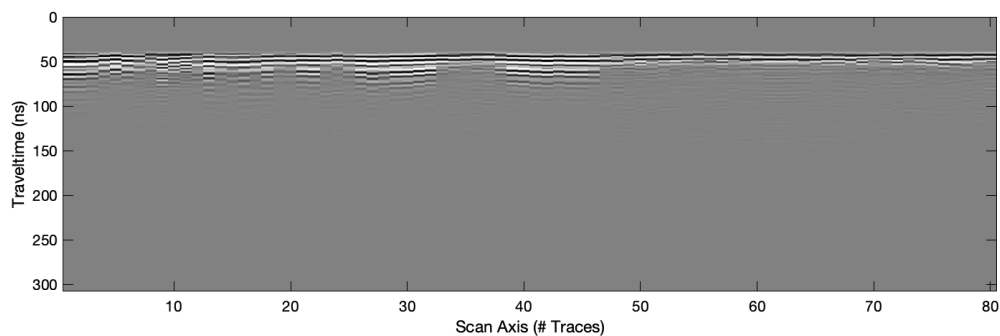


Figure 2. GPR (pro)file 60. This section shows slightly undulating layering within the upper 2.5 meter. The discontinuities in the left most part is likely due to rough surface conditions which introduces scattered signal from the surface layer.

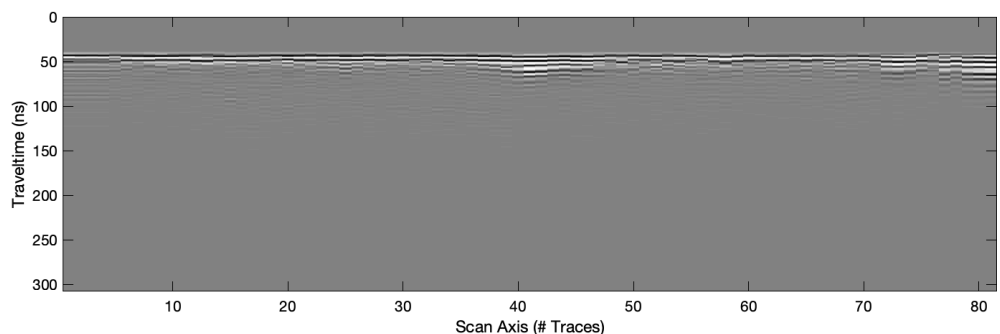


Figure 3. GPR (pro)file 61. The central part of this section shows a clear depression or infill. A part from this structure, a slightly undulating layering can be seen, but reflections are weak.

BILAGA 3

PM GEORADAR

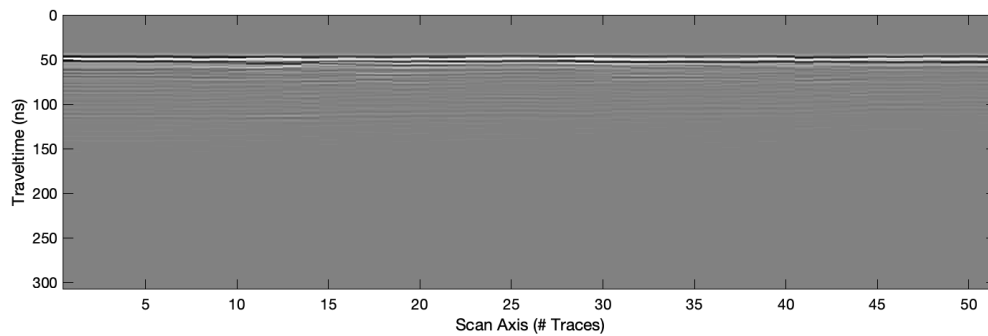


Figure 4. GPR (pro)file 65. DAT 0065 AI. An almost horizontal layering can be seen for this section.

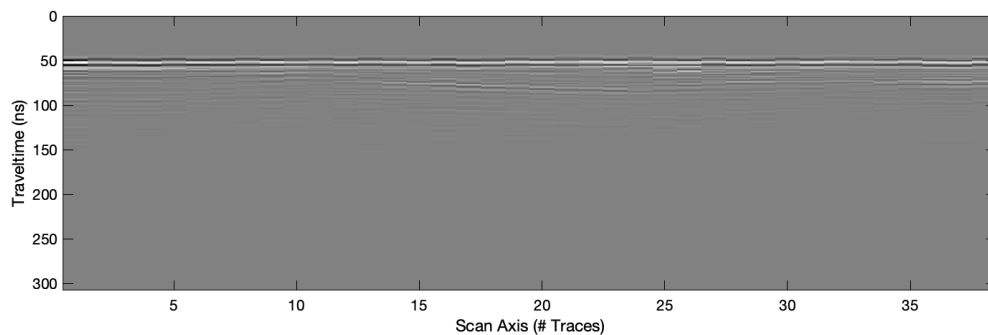


Figure 5. GPR (pro)file 66. DAT 0066 AI. A very clear and gently dipping reflector is seen which reaches a depth of about 2 meter at trace 25.

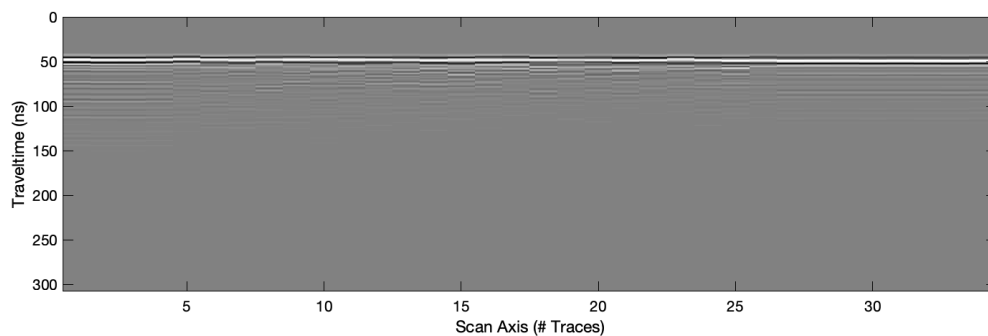


Figure 6. GPR (pro)file 68.. No corherent reflector are show, which could be caused by scattering of the signal due to rough surface conditions.

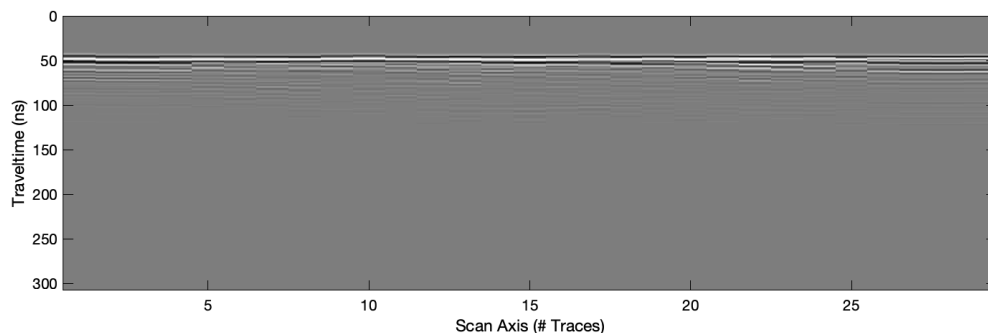


Figure 7. GPR (pro)file 69. DAT 0069 AI. Very weak reflectors and incoherent reflectors. No well resolved layering.

BILAGA 3

PM GEORADAR

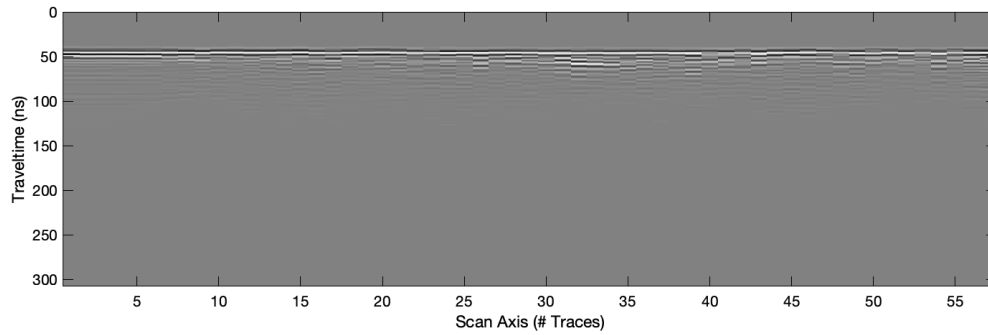


Figure 8. GPR (pro)file 71. Very weak reflectors and incoherent reflectors. No well resolved layering, but a possible weakly dipping layering is revealed within the upper 1 meter at traces 25-35.

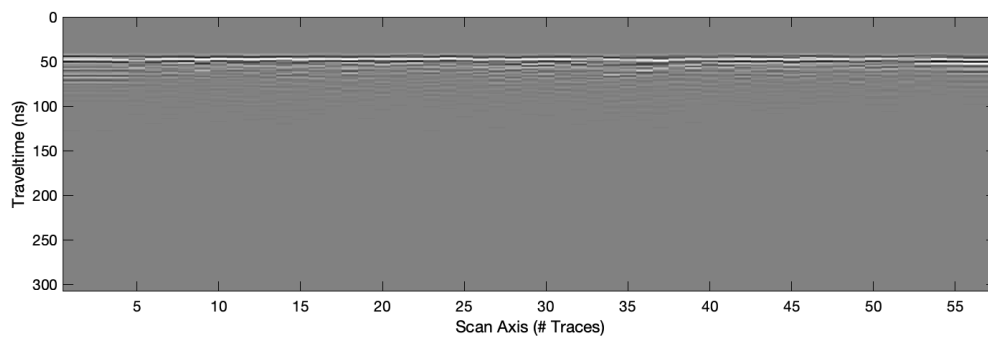


Figure 9. GPR (pro)file 72. Very weak reflectors and incoherent reflectors. No well resolved layering, but a possible weakly dipping layering is revealed within the upper 1 meter at traces 25-35.



Jasmina Toromanovic
Peter Viklander
Jan Laue

Version 1 2022-03-16
Version 2 2022-04-11
Version 3 2022-04-27

DOKUMENTATION OCH PROVTAGNINGSPÅN VID RIVNING AV DAMM I BURVATTNET

1 INLEDNING

I samband med rivning av dammen i Burvattnet utförs dokumentation och provtagning. Projektet drivs av Indalsälvens vattenregleringsföretag, IVF, där RQV Teknik AB och AFRY är konsulter. I detta dokument beskrivs dokumentation och provtagning inom ett Energiforskningsprojekt "Burvattnet – dokumentation och utvärdering av material vid utrivning av en fyllningsdamm", där LTU är projektledare. Dokumentet utgör ett tillägg/komplement till den provtagningsplan som upprättas av RQV/AFRY inom projektet.

I första delen beskrivs dokumentationen av dammen, som följs av en provtagningsplan. Av intresse är effekter av åldrande, som kan leda till olika typer av inre erosion och geotekniska förändringar. Efter provtagning och dokumentation i samband med rivning utförs geoteknisk karakterisering av materialet på laboratoriet vid LTU. Provtagning i dammen utförs även för ett examensarbete inriktat på kontaktersion, samt till delar av ett SVC-projekt i vilket inverkan av hydraulisk gradient i morän studeras.

Det föreslås att anteckningar skrivs löpande under rivningen i form av dagbok, som skickas till projektgruppen när rivningen är klar. Lämpligen skrivs kortfattade anteckningar om intressanta upptäckter i dammen (avvikelser, partier med inre erosion, separerade områden, blöta områden m.m), position anges för dessa (nivå, längdsektion) samt några illustrativa foton och vid behov handskisser.



Figur 1. Översikt fyllningsdamm med längdmätning.

2 DOKUMENTATION

2.1 Allmän dokumentation fyllningsdamm

Dammen i sin helhet dokumenteras. De olika zonerna (tätkärna, filter, stödfyllning och grundläggning på berg eller jord) beskrivs vad avser innehåll och mäktighet och fotograferas. Fotografering utförs kontinuerligt, beskrivningar görs för varje schaktnivå på hela dammen. Drönare kommer användas vid dokumentationen för att få översikt om dammens uppbyggnad och sammansättning i plan vartefter schaktarbetet fortskrider. Det är lämpligt att drönardokumentera varje schaktpall av dammen t.ex. två meter i taget.

Hittas avvikelser eller annat av intresse under rivningen, som inte finns med i programmet, ska detta även fotograferas och kommenteras. D.v.s. alla förhållanden i dammen (främst i tätkärnan, us och ns filter samt grundläggning) som avviker från det förväntade dokumenteras.

Utifrån befintlig dokumentation är inte nivåer och typ av material för undergrunden kända. Därför noteras materialtyp (jord och berg) och nivåer för både ”höga” och ”låga” sektioner.

Under rivningen används vattenvolymeter eller annan metod densitetsbestämning i tätkärnan och filter.

2.1.1 Inmätning

Manuell mätning kommer ske i fält, där nivån tas från grävmaskinens mätningar. Hittas skador/svaghetszoner i dammen, kan inmätning komma att ske. För positionen jordproverna tas från, används måttband.

Ett önskemål är att samtliga avvikelser dokumenteras genom inmätning (X, Y, Z) liksom dammens uppbyggnad i olika zoner, bredd på tätjord och filter m.m. Det föreslås att skanningar utförs innan schakt påbörjas av hela dammkroppen och anslutande undergrund. Därefter laserskannas området lämpligt antal gånger under schaktarbetet. En skanning utförs när dammen schaktats bort helt (av grundläggningsytan).

2.1.2 Georadar

Som ett komplement till arbetet som beskrivs i detta dokument, föreslås handburen georadar användas för kompletterande dokumentation. Instrument lånas från LTUs geofysikgrupp, där kontaktperson är Thorkild Maack Rasmussen (thorkild.maack.rasmussen@ltu.se, 0920-493413). Detta instrument kräver att en person i projektet hanterar det på förutbestämt sätt (t.ex. efter varje schaktpall). Målet är att använda georadar TÖK och sedan varannan meter. Lämplig mätintervall anpassas utifrån schaktningsarbetet.

Vågorna från instrumentet når ungefär två meter djup från markytan. Resultat från dessa mätningar kan indikera svaghetszoner i dammen och vara som stöd i tolkning av fasthet.

2.2 Frågeställningar och fenomen att beakta vid dokumentationen

2.2.1 Inverkan av tjäle

Effekter av tjäle noteras (maximalt tjäldjup, frusna zoner, uppluckrade zoner, blockuppfrysning m.m.). Notera om det finns synliga effekter på materialet. Tjäldjup, islinser och permafrost är av intresse. Det noteras även om det finns lösare zoner som kan ha orsakats av tjäle och tining, samt om det finns ojämna materiallager. Vid förekomst av stenmaterial och block i tätkärnan, ska detta dokumenteras. Eventuell inverkan av frysning noteras. Har någon form av tjälisolering använts? Vad är mäktigheten på materialet ovanpå tätkärnan?

2.2.2 Organiskt material

Jordprover tas vid förekomst av organiskt material. Dokumentera även hur långt in de eventuella rötterna sträcker sig, dess diameter m.m. Om det finns antydning till rötter, notera hur jordmaterialet ser ut runtom.

2.2.3 Nedbrytning av träspont

Enligt relationsritningar, finns en träspont centralt i tätkärnan. Det är av intresse att dokumentera nedbrytningen av sponten, samt om variationer i skick kan observeras med djupet. Tex. kan en hammare nyttjas för testa ytorna. Finns skillnad på torr och fuktig sida? Hur ser anslutningen mot botten ut? Hur ser det ut mellan ny och gammal spont?

Det är av intresse att studera hur tätkärnematerialet invid sponten och om zoner (lager, sprickor eller pipes) finns.

2.2.4 Anslutningar och kontaktersosion

Vid utskovet (0/180) kan det ha förekommit kontaktersosion, därför är området av intresse. Schaktningsarbetet föreslås att utföras långsammare vid denna del, då mer tid kommer läggas på dokumentation av denna del.

Några extra bilder tas när rivningen når utskovskanalen. Dokumentera även på sidorna om utskovet. Se över kontakt mot undergrund, notera typ av material – särskilt om det är en annan mängd finmaterial/ zoner där finmaterial spolats bort jämfört med övriga delar av dammen. Notera hur det ser ut under bottenutskovet. Effekter kring alla fyra sidor av utskovet dokumenteras.

Av intresse bör projektet studera skicket på betongmaterialet i bottenutskovet, om det finns rost eller om armering syns. Eventuellt om det finns håligheter eller gjutskarvar som skulle kunna orsaka erosion av tätkärnan. Betongprovtagning och närmare undersökning överläts till betongexpertis att påtala.

Notera om det finns organiskt material från träkulverten.

2.2.5 Instrumentering

Läget på befintlig instrumenteringen i dammen noteras och fotograferas. Materialet runt installationerna ses över, för att få en indikation om eventuella förändringar finns. Påträffas äldre instrumentering, som kanske inte finns i underlaget, noteras detta och material kring installationerna ses över. Instrumenteringens mäts in på djupet av dammen.

Notera särskilt om det finns indikationer på svaghetszoner kring installerade grundvattenrör. Notera skickat på rören (inkl spetsen) samt jorden omkring.

3 PROVTAGNING

I samband med rivning av den gamla dammen i Burvattnet, föreslås ett provtagningsprogram med syfte att undersöka dammkroppen med fokus på inre erosion. Av särskilt intresse är delen av dammen där den är som högst, i läget där bottenutskovet finns. Denna del har utsatts för högst vattenlast/gradient samt har även varit utsatt för högre spänningar än resterande delar av dammen. Detta är orsaken till att största andelen av antalet jordprover föreslås i den högsta delen av dammen.

I beskrivningen föreslås provtagning i tuber, som trycks ner med hjälp av grävmaskin. Vid begränsad möjlighet vad gäller provtagning i tuber, tas störda prover för hand med spade och med grävmaskin.

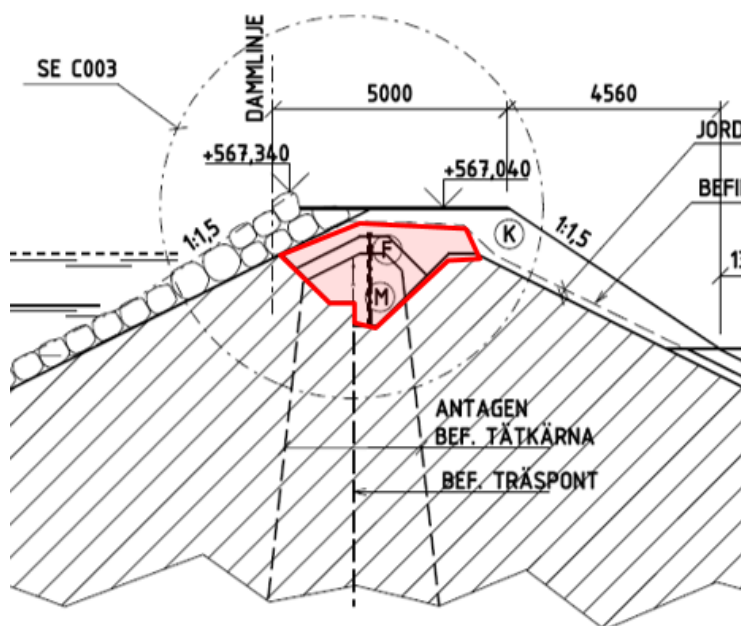
Under provtagningen noteras läge (djup/sektion) för proven och samtliga jordprov numreras och markeras på permanent sätt.

3.1 Material för jämförelse

Material som anses vara opåverkat ska provtas, bedömning görs om vad som är "bra morän". Detta för att kunna jämföra med provtaget material i dammen som kan ha påverkats efter nästan 80 års drift. Eventuellt, om möjligt, kan morän provtas från en annan del av dammområdet (som t.ex. i moräntakten). Det tas även prover från finfiltermaterialet.

Det ska skiljas på vad som är nytt material från dammarbeten 2011 och gammalt material från de ursprungliga delarna av dammen 1943. Exempel på del med nyare material i dammen visas i **Figur 2** då dammen försågs med ny tätspont på övre delen av krönet.

Observera även övergång mellan ursprungligt material och material från 2011.

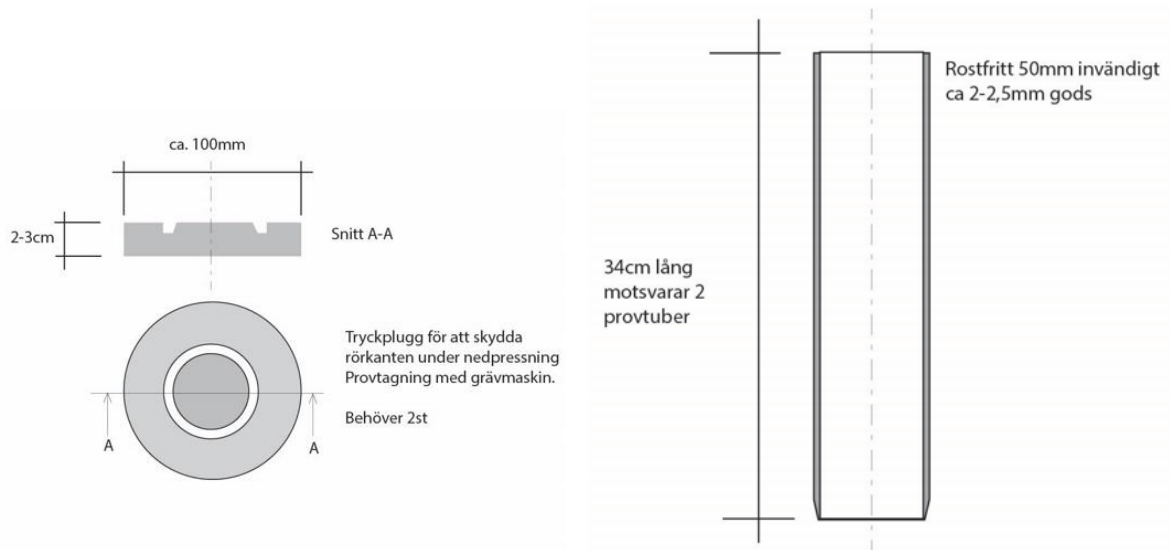


Figur 2. Nyare material i dammen från 2011.

3.2 Provtagning i dammkroppen där dammen är som högst (sektion 0/180)

Provtagningen vid den högsta delen av dammen, ca 0/180 vid bottenutskovet, fokuseras till tre sektioner: mitten av bottenutskovet och en på vardera sida. Bredd på sektionerna är ca 2 m. Om möjligt, tas jordprover helst i provtagningtuber (av stål) i denna del av dammen. Provrörstuberarna visas nedan i **Figur 3**, dessa är 34 cm långa med diameter 50 mm invändigt. Rören motsvarar två st standardtuber för provtagning. Två tryckpluggar medföljer för att skydda rören under neddrift. Skulle detta inte vara möjligt att utföra i fält, tas störda prover i hink.

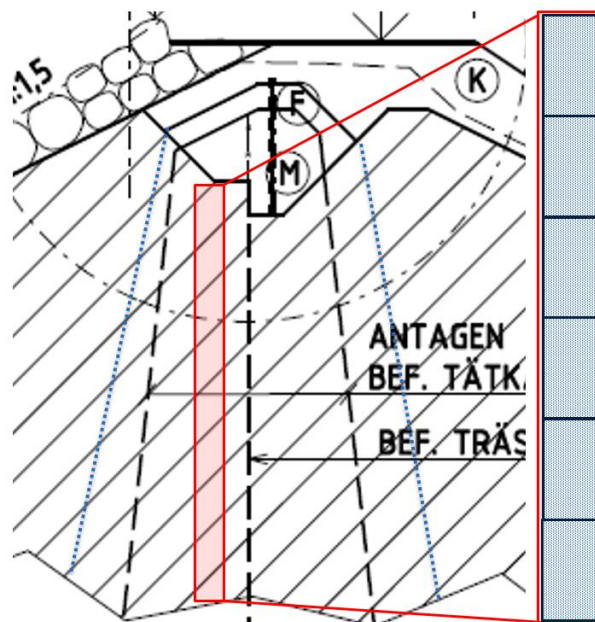
Densitetsbestämning med vattevolymeter utförs i två provpunkter i tätkärnan varannan meter. Volymen av det grävda hålet volymbestäms även ute i fält, för kontroll av volym som bestäms med vattenvolymeter. Observera att botten på det grävda hålet ska vara rundad. Jordproverna vägs i fält och placeras i diffusionstäta plastpåsar. Beskrivning tillhörande utrustningen skickas.



Figur 3. Utformning provtagningstuber och tryckplugg.

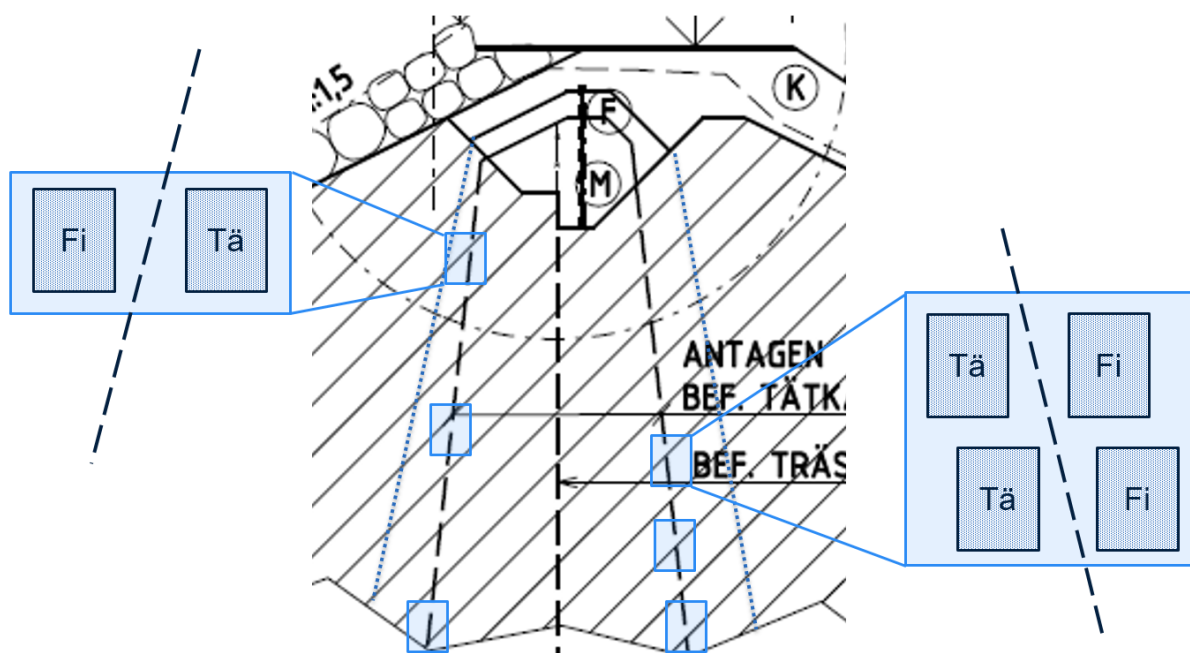
Prover tas i tätkärnan från tätkärnans krön ned till grundläggningen. Se **Figur 4**. Proverna kommer därefter att undersökas i laboratorium för materialkarakterisering.

I varje sektion tas 8 provtuber fördelat över djupet. Totalt 24 st prover.



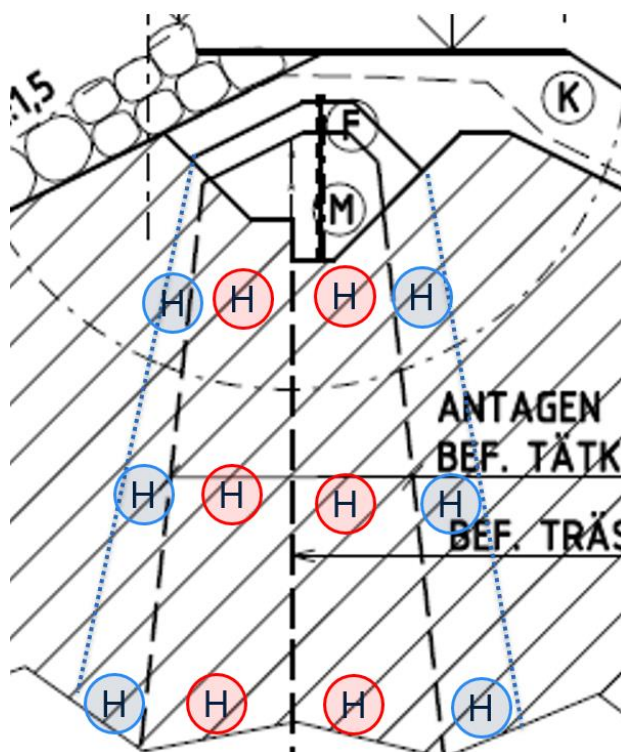
Figur 4. Provtagning tätkärna.

I gränserna mellan tätkärna och filter (om filter finns) tas det prover på vardera sida om zongränserna. Två stycken prover från var sida. Dessa tas på tre nivåer, både på upp- och nedströms sidan. Det tas ca 18 st prov i tätkärnan, ca 18 st i filtret fördelat på djupet. Se **Figur 5**. Dessa prover avses kunna indikera om materialtransport förekommit. Denna provtagning utförs i två sektioner, 36 provtuber totalt.



Figur 5. Provtagning gräns mellan tätkärna och filter.

Fyra hinkar fylls med material från olika nivåer i dammen i minst två sektioner, se **Figur 6**. När materialet från 2011 schaktats bort, därefter ungefär $H/2$ samt vid botten. Detta är för att ha något större volymer för viss laboratorieprovning.



Figur 6. Provtagning.

3.3 Provtagning kontaktersosion kring bottenutskov

I fem sektioner kring bottenutskovet tas följande prover:

- Ett prov på ytan mot betongen
- Ett prov med följande avstånd: 0,5 m, 1 m samt 2 m

3.4 Provtagning i dammkropp låg dammsektion

I de delar av dammen där höjden är lägre, utförs provtagning på motsvarande sätt som beskrivits ovan i ytterligare fem tvärsnitt sektioner lämpligt fördelade. Provantalet här minskar dock till tre stycken per material och sektion på djupen 2 m under TÖK, H/2 och vid grundläggningen. Störda prover tas. Även har används vattenvolymeter.

3.5 Provtagning undergrund, anslutning mot tätjord

Enligt ritning K-211-1.6-101 kommer ett dike anläggas i dammlinjen vid sektion 0/180, vilket möjliggör provtagning på ursprunglig grundläggningsnivå. Jordprover tas på botten och nivån 0,5 m ovanför i anslutning till undergrunden på fem ställen, i de två sektionerna där annan provtagning fokuseras. Vid laboratorieprovning kan det avgöras om det ses skillnad mellan bottenmorän (finns hela vägen under dammen) och tätjord.

Eventuellt kan fler prover tas i strömningsriktningen, då det i riktning us-ns kommer finnas ett område där det schaktas ner till ursprunglig grundläggningsnivå.

3.6 Stödfyllning

Från stödfyllningsmaterialet tas några hinkar med material för karaktärisering, om möjligt beroende på storlek på materialet. Maximal stenhalt för siktning är 60 mm. Stenhalten över 60 mm uppskattas i fält. Ny stödfyllning provtas ej, beskrivs bara.

3.7 Organiskt material

I de områden på dammen där rester av organiskt material påträffas, tas prov i hink/påse för bestämning av mängden organiskt material genom glödningsförlust.

3.8 Övriga intressanta områden

Jordprov tas på andra ställen i dammen där materialet bedöms vara avvikande jämfört med det förväntade/faktiska. Därför kan provantalet komma att avvika från sammanställningen i 3.9.

3.9 Sammanställning provtagning

Tabell 1. Sammanställning över jordproverna som planeras att tas.

[illegible]

Burvattnet dokumentation och utvärdering av material vid utrivning av en fyllningsdamm

Datum:	2022-07-16
Version:	Version 1.
Upprättad av:	Robin Edvinsson

Innehållsförteckning

1.	Inledning	1
2.	Dokumentation	2
2.1	Allmän information gällande dokumentationen av fyllningsdammen	2
2.2	Beaktade fenomen vid dokumentationen	2
2.2.1	Inverkan av tjäle	2
2.2.2	Nedbrytning av träspont samt kulverttak	3
2.2.3	Anslutningar och kontaktersosion	10
2.2.4	Instrumentering	10
3.	Provtagning	11
3.1	Material för jämförelse	11
3.2	Provtagning av dammkroppen	11
3.3	Provtagning kontaktersosion kring bottenutskov	12
3.4	Provtagning undergrund, anslutning mot tätjord	13
3.5	Stödfyllning	13
3.6	Organiskt material	14
3.7	Övriga intressanta områden	15

Burvattnet – Jordfyllningsdamm

1. Inledning

Under våren 2022 revs stora delar av en ca 80 år gammal fyllningsdamm i Burvattnet. De rivna delarna utgjordes av en homogen dammkropp som var grundlagd på jord. Dokumentation av dammen utfördes parallellt med rivningsprocessen genom provtagning, visuella inspektioner och intervjuer med AFRYS konsulter samt arbetsledning från entreprenören.

Det finns ingen komplett dokumentation av dammens uppbyggnad men upprättade relationsritningar utgjorde under rivningen en god skattning av dammens utformning. Entreprenören har dock genomfört en rad mätningar för att kunna skapa en schaktmodell som överensstämmer med relationshandlingarna. Entreprenörens genomförda mätningar bör skapa en representativ bild av den homogena tätjorden, då modellen användes för att sortera ut kvalitativa massor som skall återbrukas vid återuppbyggnad av fyllningsdammen.

Dammen har dokumenterats och provtagits i sin helhet och jordmaterial har samlats för att möjliggöra karakterisering av filter, tätkärna och grundläggning på laboratorium. Avvikelse som har bedömts vara av intresse har även dokumenterats och provtagits i den mån som rivningsprocessen tillät detta. Dokumentation av undergrunden samt mittsektionen av dammen har genomförts av entreprenören. Entreprenörens fokus under rivningsarbetet var att så effektivt som möjligt avlägsna den morän som avsågs återbrukas vid återuppbyggnad av fyllningsdammen. Den risk som försenad produktion medförde innebar att friläggning av ostörda jordtyper för provtagning inte prioriterades.

Framgrävning samt provtagning av dammen var svårplanerat då dokumentationen av dammens uppbyggnad var ofullständig i kombination med ett pressat tidsschema för rivningen som grovt påverkades av det hårda klimatet vid dammen. Att genomföra representativa ostörda jordprover försvårades också avsevärt då arbetet inte kunde genomföras på ett säkert sätt utan att kraftigt påverka produktionen. Prover kunde dock genomföras på ett fåtal platser där jorden bedöms vara opåverkad vilket bör representera den jordsammansättning som förekom före rivningsarbetet påbörjades.

2. Dokumentation

2.1 Allmän information gällande dokumentationen av fyllningsdammen

Dammen har i sin helhet dokumenterats. De olika zonerna (tätkärna, filter och grundläggning) har provtagits vilket möjliggör identifiering av de olika zonernas innehåll. Drönare har inte använts av undertecknad och det har inte varit möjligt att dokumentera varje schaktpall då rivningsförfarandet inte tillät detta.

Utöver provtagning för karakterisering av dammens olika zoner har även nedan nämnda områden tagits i beaktning under rivningsarbetet:

- Inverkan av tjäle
- Nedbrytning av träspont samt kulverttak
- Anslutningar och kontaktersosion
- Instrumentering
- Innehåll av block och organsikt material m.m.

Under rivningen har vattenvolymeter använts för densitetsbestämning i tre punkter.

2.2 Beaktade fenomen vid dokumentationen

2.2.1 Inverkan av tjäle

Tjäle identifierades längsmed PVC-sponten till nivå ca +565,2, vilket motsvarar 1,84 meter tjäle intill spont. Vid schakt kunde inga uppluckrade zoner, blockuppfrysningar eller islinser identifieras, tjälblock från schakt visas i Figur 1. Mäktigheten av material ovanpå tätjorden utgjordes av finfilter samt krönfyllning i enlighet med relationsritningar upprättade av Sweco. Ingen form av tjälisolering kunde påvisas under schakten.

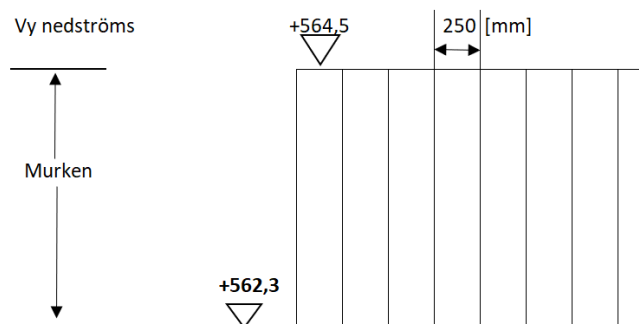
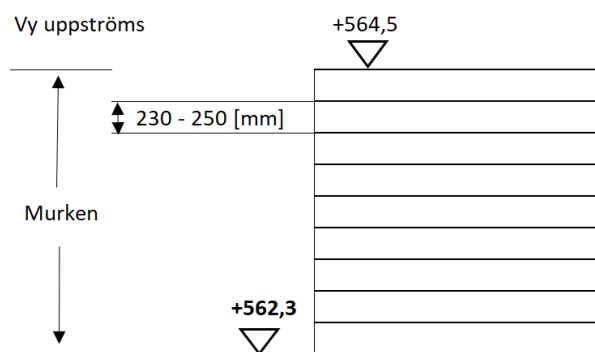


Figur 1 Tjälblock intill spont, ca en meters mäktighet, sträckte sig tom nivå +562,5

2.2.2 Nedbrytning av träspont samt kulverttak

Överkant träspont uppskattades till ca + 564,5 då organiskt material började påvisas under schaktet. Enligt relationshandlingarna från Sweco så borde sponten ha påvisats tidigare, men i.o.m. att sponten var väldigt murken upptill så har delen som borde stucket upp i "Nya" moränen mest troligt tagits bort. Sponten var i lika dåligt skick uppströms som nedströms från nivå +564,5 till nivå +562,3. Från nivå +562,3 så är sponten i bra skick. Avläsningar från vattenståndsrör visar på att vattenståndet varit runt nivåerna som sponten börjar bli "fräsch" på, intressanta paralleller kan dras där. Inga tecken på erosion kunde påvisas intill sponten. Prover har tagits med jämna avstånd uppströms och nedströms intill den murkna sponten.

Dimensionerna på virket i sponten visas i Figur 2, Figur 3 och Figur 4.



Planvy	[mm]
25,4	
76	
	250

I Figur 5 visas Spontrester från schakt, bilden är tagen vid övre delen av sponten, ca nivå +564,5. Sponten var mycket murken runt dessa nivåer och kunde med enkelhet pressas sönder med handkraft.



Figur 5 Spontrester från schakt, bilden visar rester från översta delen av spanten, ca +564,5 - +564



Figur 6 Närbild spont, uppströms



Figur 7 Material intill överdel av spont, uppströms



Figur 8 Träspont övre del, ingen skillnad i kvalitet kan påvisas mellan uppströms och nedströms sida av sponten, bild tagen nedströms, ca nivå för bilden är +563



Figur 9 Spont i dammlinjen möter kulvert, bild är tagen uppströms ifrån

Kulverttaket bestod av handsågat träplank. Vid tidigare genomförda inspektioner av dammen har svaghetszoner identifierats i kulverten vilket medfört att punktinsatser för att förstärka dessa zoner genomförts i omgångar. Ett injekteringsförsök ska ha genomförts och på en del av kulverten ska betongelement vara installerat från insidan av kulverten.

Spår från injektering visas i Figur 10.



Figur 10 Betong från förstärkningsåtgärder som genomförts i kulverten, bilden visar kulvertens ovansida 16 meter nedströms spont

En tydlig gräns mellan friskt och murket tak i kulverten kan dras ca 12 meter nedströms spont. I Figur 11 visas övergången mellan friskt och murket kulverttak.

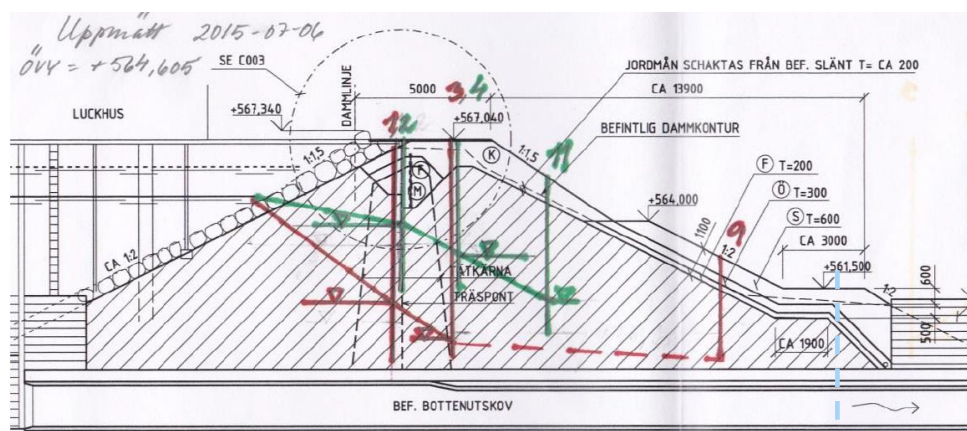


Figur 11 Tydlig gräns mellan friskt och murket tak i kulverten, ca 12 meter nedströms spont

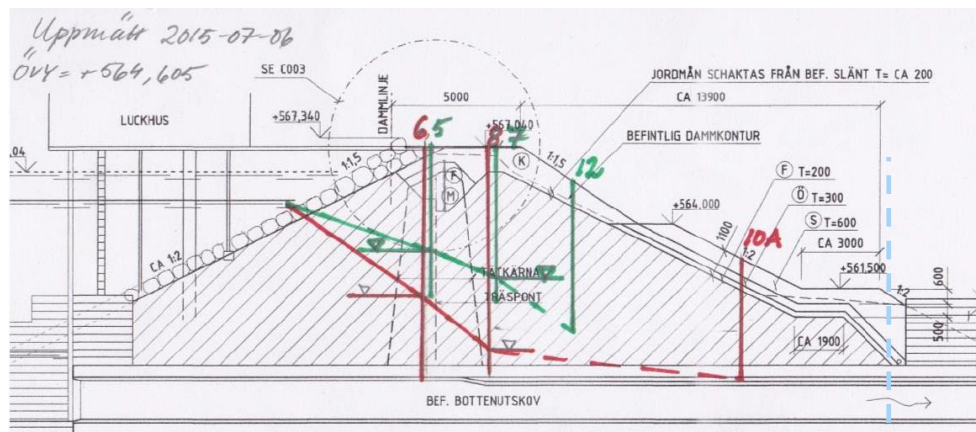


Figur 12 Kulverttak ca 14 meter nedströms spont, taket går att pressa sönder med handkraft

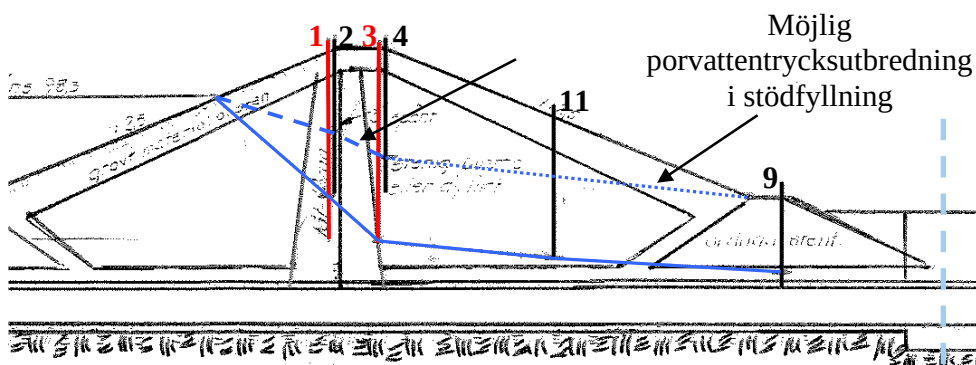
Gräns mellan friskt och murket virke i kulverttak grovt inritat med streckad blå linje av Tina Pålstorp visas i figur Figur 13 - Figur 15 nedan.



Figur 13 Uppmätta porvattentryck 2015 i rör 1-4, 9 och 11 vid tillfälle då vy legat som högst, ÖVY=+543,6. Rör 9 var tort. Mätutvärdering genomförd 2015.



Figur 3.4 Uppmätta porvattentryck 2015 i rör 5-8, 10A och 12 vid tillfälle då vy legat som högst, ÖVY=+564,6. Rör 10A och 12 var torra.



2.2.3 Anslutningar och kontakterosion

Ingen kontaktersion kunde identifieras visuellt under rivningen av dammen, prover har dock samlats för att kunna undersöka om ökad transport av finjord har förekommit runt kulverten.

2.2.4 Instrumentering

Ritningar på instrumenteringen som förekom i dammen finns. Entreprenören identifierade ingen instrumentering som de inte var medvetna om sedan tidigare. Rivningsprocessen omöjliggjorde identifiering av svaghetszoner intill instrumentering.

3. Provtagning

3.1 Material för jämförelse

Material som tillförts dammen vid tidigare förstärkningsåtgärder, utfärdade enligt relationshandlingar upprättade av Sweco, har provtagits. Nedan listas material relaterat till förstärkningsåtgärderna som provtagits:

- Tillfört finfilter
- Tillförd tätjord

3.2 Provtagning av dammkroppen

Samlade prover i den övre delen av dammkroppen samt dess position redovisas i Figur 16 nedan.

Uppströms						Nedströms					
	0/170	0/175	0/180	0/185	0/190		0/170	0/175	0/180	0/185	0/190
566-565		1	1			566-565		1	1		
565-564		2		1		565-564		2	2	1	
564-563					5	564-563					
563-562		1		2		563-562		1		2	
562-561						562-561					
561-560						561-560					1

Figur 16 Genomförd provtagning i dammkroppen uppströms samt nedströms sponten, indelningen avser antalet prover i var sektion för var höjd.

Tre prover genomfördes med vattenvolymeter på nedan föreskrivna positioner:

- Sektion 0/185, nivå +562,5, 1 meter uppströms spont
 - Start, 16,2 Slut, 17,4
 - Vikt innan torkning 582,4 g
 - Vikt efter torkning 478,4 g
- Sektion 0/185, nivå +562,5, 1 meter nedströms spont
 - Start, 16,8 Slut, 18
 - Vikt innan torkning 648,5 g
 - Vikt efter torkning 588,1 g
- Sektion 0/185, nivå +562, 1 meter nedströms spont
 - Start, 17,05 Slut 18,45
 - Vikt innan torkning 838,1 g
 - Vikt efter torkning 758,4 g

Skanning med handburen georadar av den övre dammkroppen genomfördes på följande nivåer och positioner:

- Nedströms spont från sektion 0/175 -> sektion 0/185, Nivå: 564,5, DAT_0065_AI
- Uppströms spont från sektion 0/175 -> sektion 0/185, Nivå: 564,5, DAT_0066_AI

- Nedströms Spont från sektion 0/175 -> 0/185, Nivå 562,5-561, DAT_0068_AI
- Uppströms spont från sektion 0/185 -> 0/175, Nivå: 561-562,5, DAT_0069_AI

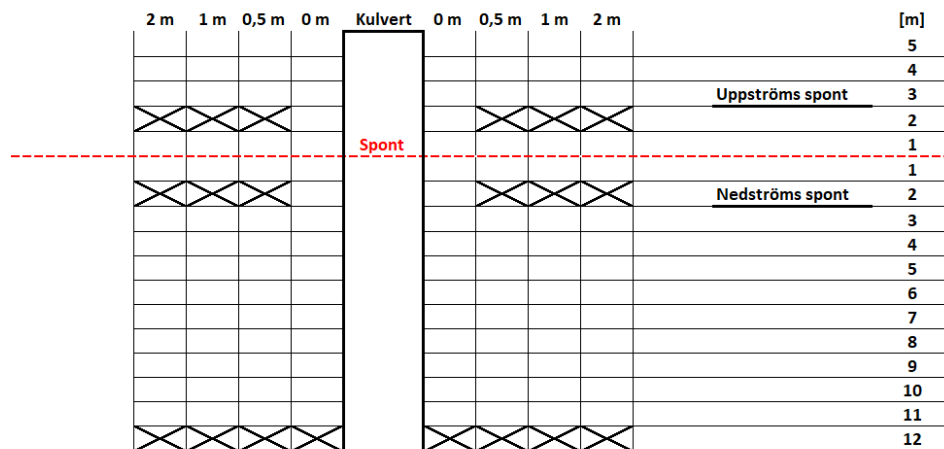
3.3 Provtagning kontaktersosion kring bottenutskov

I tre sektioner har provtagning genomförts kring bottenutskovet. Sektionerna placerades 2 meter uppströms spont, 2 meter nedströms spont och 12 meter nedströms spont. Provtagningen för dessa sektioner genomfördes i höjd med kulvertens överkant.

I var sektion grävdes provgropar på följande avstånd på var sida om kulverten:

- Intill träkulverten
- 0,5 meter från träkulverten
- 1 meter från träkulverten
- 1,5 meter från träkulverten
- Samt 2 meter från träkulverten

Planvy för ovan nämnda sektioner och prover visas i Figur 17.



Figur 17 Planvy genomförd provtagning, X redovisar genomförd provtagning, proverna är tagna vid kulvertens överkant

Placeringen av sektionerna visas i Figur 18 nedan.



Figur 18 Sektioner för provtagning av kontaktersosion kring bottenutskov, bild tagen nedströms spont

- Provtagning genomfördes även av undergrunden, uppströms spont vid inloppet på nivå +555,0
- Mitt på kulverttak, cirka 0,5 meter uppströms sponten +558,47
- Mitt på kulverttak, cirka 0,5 meter nedströms sponten +558,47
- 5 meter nedströms spont 10 cm till vänster om kulvert
- Vid utskovslucka, 10 cm till vänster om "kulvert"
- 0,5m vänster om kulvert 6 meter nedströms spont + 557
- 0,5m vänster om kulvert 6 meter nedströms spont + 557,5
- 0,5m vänster om kulvert, 0,5 meter uppströms spont + 557,5

3.4 Provtagning undergrund, anslutning mot tätjord

Provtagning av undergrund samt dammens anslutning mot tätjord har genomförts av entreprenören.

Skanning av undergrunden genomfördes på respektive sida av kulverten. Filnamn samt position visas nedan:

- 10m Uppströms spont -> 20m Nedströms spont, höger sida om kulverten, höjden överkantkulvert, DAT_0071_AL.rd3
- 10m Uppströms spont -> 20m Nedströms spont, vänster sida om kulverten, höjd överkantkulvert, DAT_0072_AL.rd3

3.5 Stödfyllning

Då dammen var en homogen jorddamm så har ingen provtagning genomförts på stödfyllning.

3.6 Organiskt material



Figur 19 Organiskt material mellan tätjord och erosionsskydd nedströms, sektion 0/175



Figur 20 Närbild Organiskt material mellan tätkärna och erosionsskydd nedströms, sektion 0/175



Figur 21 Organiskt material från byggnationen av dammen påträffades i schaktlinjen, handsågat plank som var intryckt i schaktlinjen



Figur 22 Linje av organiskt material ovan schaktlinje nedströms spont

3.7 Övriga intressanta områden

En tydlig utfällning i form av en orangefärgad linje identifierades i tätkärnan längsmed dammen uppströms vid sektion 0/185, utfällningen identifierades på nivå +562,9, provtagning har genomförts över samt under utfällningen.

Utfällningen visas i Figur 23 och Figur 24.



Figur 23 Tydlig utfällning i tätkärnan som sträckte sig längsmed dammen vid sektion 0/185, linjen ligger på nivå +562,9



Figur 24 Tydlig utfällning i tätkärnan som sträckte sig längsmed dammen vid sektion 0/185, linjen ligger på nivå +562,9

RIVNING AV BURVATTNETS FYLLNINGSDAMM

Kunskapen om hur svenska fyllningsdammar påverkas av åldring behöver öka. Det är idag inte klarställt i detalj hur dammar påverkas av lång drifttid, cyklisk belastning av vattenmagasinet, inre erosion m.m. I samband med att Indalsälvens Vattenregleringsföretag (IVF) skulle bygga om bottenutskovet i fyllningsdammen i Burvattnet 2022 identifierades möjligheten att dokumentera dammen vid rivning som ett led i att öka kunskapen om fyllningsdammar.

Utifrån observationer i fält samt från utförda geotekniska undersökningar på material från dammen visade det sig att dammen i Burvattnet är av homogen typ, som är helt uppbyggd av finkorning morän, och saknar zoner av filtermaterial och traditionell tät kärna. Inga visuella tecken på inre erosion kunde upptäckas i dammen. Siktresultaten tyder på att viss migrering av finjord skett i dammen från de centrala delarna till nedströmsområdet. I dammen fanns en del trämaterial, en central träspont och en bottenutskovskulvert. Den centrala träsponten var till stor del i mycket bra skick, men den övre delen var kraftigt nedbruten. Den befintliga bottenutskovskulverten var delvis i dåligt skick.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.

