NGI Rapport / Report

Isdammen, Longyearbyen

Risikovurdering av Isdammen

20081544-1
19. mars 2009
Rev. 0,

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere dette før bruk av dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this before using this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Prosjekt

Prosjekt:	Isdammen, Longyearbyen
Rapportnummer:	20081544-1
Rapporttittel:	Risikovurdering av Isdammen
Dato:	19. mars 2009
Rev.:	0

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver:	Svalbard Samfunnsdrift
Oppdragsgivers kontaktperson:	Jørn Myrlund
Kontraktreferanse:	

For NGI

Prosjektleder:	Øyvind Armand Høydal
Rapport utarbeidet av:	Øyvind Armand Høydal

Sammendrag

Isdammen er befart og undersøkt for å kunne gi en tilstandsvurdering. Stabilitet og flomavledningskapasitet er vurdert. Dammen viser tegn på ikke-tilfredsstillende stabilitet. Dammen kan sammenlignes med en midlertidig anleggsdam og ikke en permanent konstruksjon. Dammen anses ikke å ha avledningskapasitet til å motstå en ekstremflom. Konkrete tiltak er foreslått for å heve sikkerhetsnivået.

BS EN ISO 9001
Sertifisert av BSI
Reg. No. FS 32989

Innhold

1 Innledning 3

2 Damgeometri og damkonstruksjon 4
2.1 Geotekniske undersøkelser 6

3 Hydrologi og hydraulikk 8
3.1 Tappeanording og beregnet avløpskapasitet 9
3.2 Sedimenttilførsel til Isdammen 11

4 Temperatur og grunnforhold 12

5 Vurdering av sikkersnivå for Isdammen 14
5.1 Indre erosjon 14
5.2 Overtopping og erosjon på luftsiden 15
5.3 Stabilitet av luftsiden 15
5.4 Stabilitet av vannsiden 16

6 Konklusjoner og forslag til tiltak 16

7 Referanser 18

Foto 19

Kontroll- og referanseside

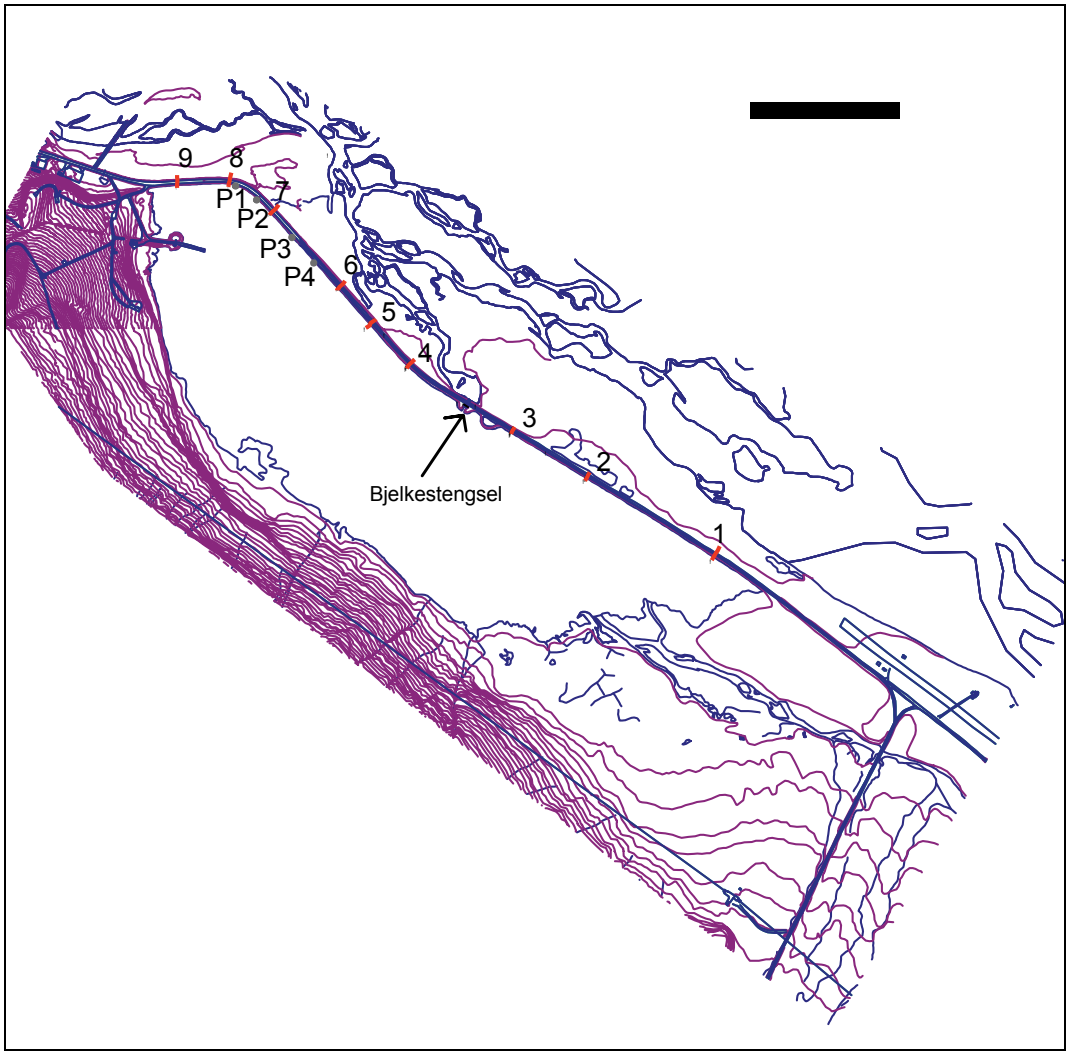
1 Innledning

I forbindelse med vurdering av drikkevannsforsyning til Longyearbyen er NGI blitt engasjert for å risikovurdere Isdammen. Isdammen ligger rett øst for Longyearbyens bygrense, på vei inn i Adventdalen. Isdammen er vannreservoar for Longyearbyen i vintersesongen. Isdammen er i dag et magasin på ~1,2 km^2, der veien til Gruve 7 omkranser halve magasinet. Opprinnelig besto området av 3 mindre dammer eller tjern der is ble hentet vinterstid som kilde for ferskvann.

Stabiliteten til dammen avhenger generelt av selve damkonstruksjonen, fundamentering/grunnforhold under og rundt dammen og flomavledningsevne. Spesielt for kalde områder er det at temperaturen og permafrosten har innvirkning på dammen. Som grunnlag for å identifisere sikkerhetsnivået er det nødvendig å gå igjennom dammens konstruksjon, nåværende tilstand, hydrologi og hydrauliske avledningsforhold.

Det har vist seg vanskelig å skaffe god dokumentasjon på en del forhold omkring dammen, og det foreliggende dokument er derfor også delvis basert på antagelser. Det er gitt råd om forhold som bør følges opp for å bedre sikkerheten.

Dammen ble befart og prøvetatt i perioden 14-17 september 2008. Magasinet var da helt fullt. Dammen er ikke befart ved lav vannstand.



Figur 1. Boringer langs Isdammen. P1 til P4 viser boringer fra 1979. De røde profilene 1 til 9 ble oppmålt og boringer utført der i 2008.

2 Damgeometri og damkonstruksjon

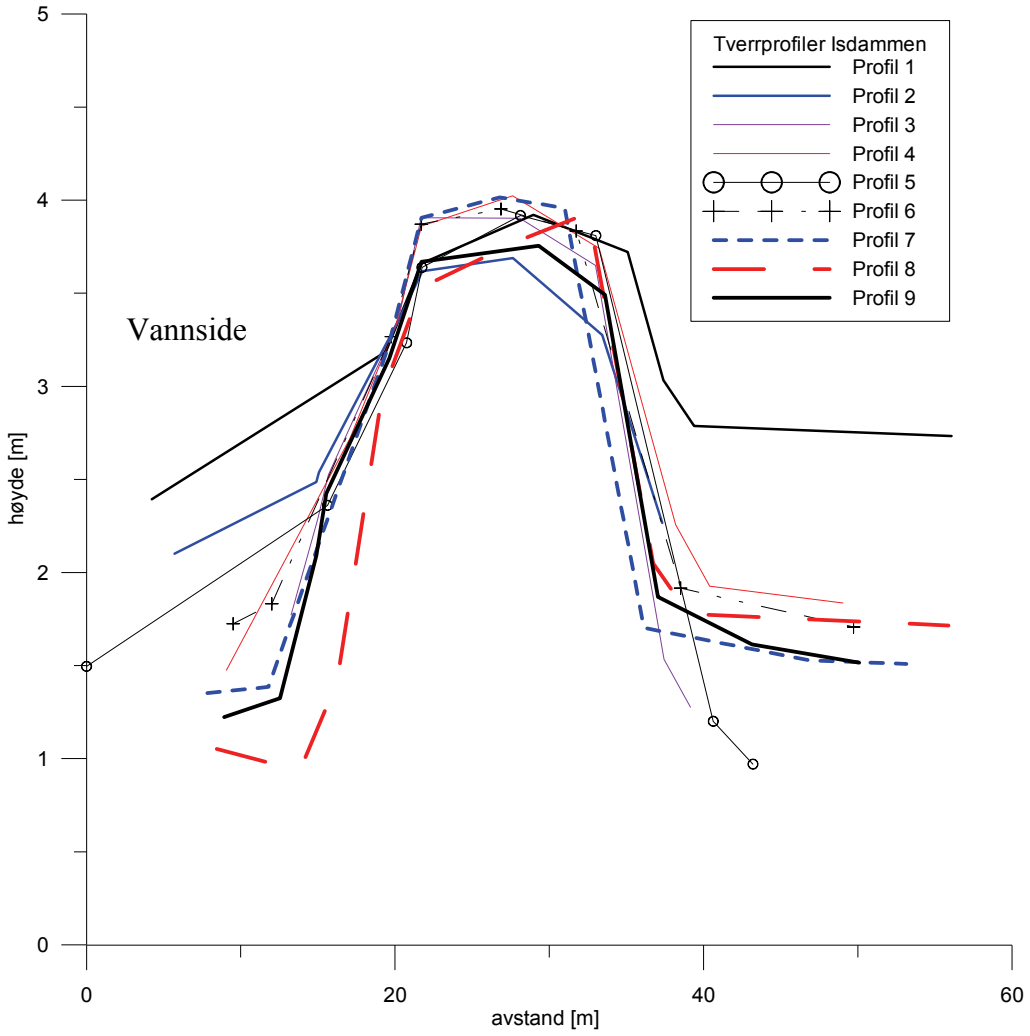
Magasinet omkranses av vegen til Gruve 7 og selve damkroppen har en lengde på 2,5 km. Figur 1 viser Isdammen og oppmålte profiler. Magasinvolumet er på ca 2 mill m^3 og mesteparten av magasinet er svært grunt. Største dybde er ca 4,5 m og ligger i den nordøstligste enden utenfor pumpestasjonen. Profiler i figur 2 viser snitt av dammen. Lokalisering av profilene er gitt i figur 1. Figur 2 viser at damhøyden er størst i nordvestre del i svingområdet. I motsatt ende er det grunnere og damhøyden lavere. I forhold til vannstanden har profilene 2 og 9 lavest margin (fribord) mot overtopping. Beregnede skråningsgradienter fra måledataene viser at profilene 9, 8, 7 og 3 har skråningshelninger på henholdsvis 1:2,0, 1:2,2,1:2,2 og 1:2,0. Dette er steile skråninger for finkornige materialer som vil sige ved tining. På vannsiden har profilene 8 og 9 begge 1:1,9 i skråningshelning og det syntes å være en fordypning inn mot

damkroppen i profil 8. Profil 8 er dessuten svært skeiv i toppen. Dette kan være for å få til dossering i svingen, men med bølger (observert ved befaring) så slo disse inn i veibanen og vasket ut kanten på vannsiden. Ved befaring ble det observert masser i innersvingen som enda ikke var blitt komprimert av kjøring, dvs. nylig utlagte masser. Vi antar at innerdelen av damkroppen siger inn i dammen. Foto 1 (på side 19) illustrerer denne svanken i svingen.

Damkroppen ser utvendig ut til i stor grad å være bygd opp av relativt finkornet materiale med en del mindre steinmateriale som toppdekke. Det vites ikke om den opprinnelige dammen ble doset opp av stedlige masser eller er bygget opp av tilkjørte masser. Undersøkelsene beskrevet nedenfor tyder på at damkroppen hviler på stedlige masser. Dammen er ujevn i både topp og bredde, og dette tyder på bevegelse i damkroppen og seinere vedlikehold. Det er sprekker langsetter luftsiden av dammen. Sprekkene ligger utenfor veibanen og antas å skyldes sig av frostømfintlig materiale (Foto 2).
Dammen har et større antall lekkasjepunkter som vist i Foto 3-4.

Dammen har ingen separat bølgebeskyttelse og det er tydelig at masser vaskes ut av bølgene særlig ut mot nordvestenden av magasinet (Foto 1). Utvaskingen viser at det er ganske mye stein i massene. Finstoffinholdet er imidlertid så høyt at steinene ikke har kontakt med hverandre før utvasking.
I selve damfoten er det ingen tå og det er ingen steinplastring langs nedstrøms skråning som kan motstå en større lekkasje eller overtopping. Effekt av bølger ved fullt magasin kan sees på Foto 5-7.
Øvre og ytre del av damkroppen er frossen i største delen av året og gir dammen styrke.

Figur 2 viser profiler av dammen. Det er alltid noe unøyaktighet tilknyttet verdier når en sammenligner profiler, men høyden er i overensstemmelse med området som ble oversvømt 15 september (Foto 5-7).



Figur 2. Oppmålte profiler av dammen.

2.1 Geotekniske undersøkelser

NGI har i forbindelse med dette arbeidet tatt en del prøver av dammen og har også prøveresultater fra 1979. Figur 1 viser beliggenhet av undersøkelsene i 1979 og 2008.

I 1979 ble det foretatt boringer på innsiden av dammen og veien. Nøyaktig hvor langt utenfor veibanen er ikke angitt, men resultatene omtales som at massene er stedlige sedimenter. I punktene P2, P3 og P4 ble det foretatt dreietrykksonderinger fra bunn av hull for prøvetaking og ned til stor motstand ble påtruffet. Denne dybden ble antatt å representere permafrost. Boringene ble utført i mai. Dybden til antatt permafrostnivå var henholdsvis ~4, 5 og 5,5 m i hullene P2, P3 og P4. Prøvene viste for det meste finsand, silt og leire. Grus ble imidlertid påtruffet i hull P2. Prøvene viste både lagning og humusrike lag. Det ble også utført ødometerforsøk. Permeabilitet ble målt til å være fra 0,55 til

1,55 m/år i materialet karakterisert som finsand med silt. Noe leirinnhold må det også være i materiale med så lav permeabilitet.

I september 2008 ble det foretatt boringer ved profilene 1, 2, 3, 5, 7, 8 og 9 med prøvetaking av masser i utvalgte punkter langs dammen. I profilene 4 og 6 ble det ikke boret. Prøvene ble tatt ved å samle opp oppblåst borkaks, og metoden gir derfor ikke veldefinerte dybdeprøver. For utsortering av prøver er det lagt vekt på at både grove og finkornede sedimenter skulle analyseres. Resultatene av kornfordelingsprøvene er vist i vedlegg 2.

I borhull 1 er materialet karakterisert som morenemateriale både i topp og ved 6 m dyp. Bormotstanden var lav under 2 m, og boret sank rett ned fra 3- 6 m. I borhull 2 er 1-2 m karakterisert som sandig grus, mens under 3 m har materialet en kornfordeling lik morenemateriale. Materialet kom opp med konsistens som omrørt leirmateriale. Fra 4-6 m var det meget rask borsynk.

I borhull 3 er det ved 3 m dyp siltig, sandig grus med rester av små greiner, mens det ved 5-6 m er grusig og siltig sand.

Prøvene fra hull 5 var svært like øvrige prøver. Fra ca 4 m var det leirig bløt materiale.

I borhull 7 ble det boret og tatt prøver ned til 12 m. De siste 2 m viste bløte forhold. Prøve fra 6 m dyp er karakterisert som sandig grus.

Boring 8 er ved ~ 6 m dyp karakterisert som sandig grus og siltig sandig leire ved 9 m dyp. Boringen ble avsluttet da det sto en geisir opp av vannet ca 20 m ut i magasinet. Lufta kommer fra trykkluft i borekrona. Samtidig oppsto det også mindre bobler i grunnen foran dammen. Bobling er oppgitt tidligere som et vanlig fenomen som fulgte bilene fra Gruve 7 da de kjørte med mye større last enn i dag.

Boring 9 er ved ~3 og 6 m dyp karakterisert som sandig grus. Over de siste meter var bormotstanden svært lav.

Kornfordelingskurver er presentert i vedlegg 2 sammen med kopier av kornfordelingskurver fra NVE [ref 1]. Sammenlignes disse kurvene med kurvene fra suspendert materiale, så ser en opphavet til noen av prøvene fra dammen. Prøve ”Elvemel” er materiale tatt i erosjonskant ut mot elvedeltaet rett ut for profil 7 og representerer materiale i ~20 cm dybde under mudderflata. Humusinnholdet er målt til 2, 3 % i denne prøven.

Prøvene 9-3 (dvs. prøve 3 i borhull 9) og 3-4 ble permeabilitetstestet. De viste henholdsvis permeabiliteter på 0,2 og 1,3 m/år. Resultatene er i overensstemmelse med resultatene fra 1979.

Saltinnholdet ble testet i utvalgte prøver. Disse prøvene viste særlig høyt saltinnhold for prøver ved profilene 1 og og 3. Prøvene 1-4 tatt ved ~5 m dyp ga 71 g NACl/l porevann. Boringene 1, 2 og 3 viste heller ikke tegn på faste masser unntatt i toppen av dammen. Høyt saltinnhold kan skyldes at saltet anrikes ved utfrysing av porevann. Høyt saltinnholdt medfører "bløt" permafrost, dvs at porevannet ikke er frosset til tross for temperatur under 0° C.

3 Hydrologi og hydraulikk

Hydrologien til feltet er bl.a. beskrevet av NVE [ref 1]. Nedbørfeltet ved utløpet til Isdammen har et areal på 34,3 km^2. Ved innløpet er arealet 28,8 km^2 og består av Endalen som bl.a. drenerer deler av Bogerbreen. Brearealet i Endalen er beregnet til ~6,6 km^2. Hydrologiske date er også gjengitt i tabell 1 [ref 2]. Det opprinnelige vifteformede utløpet av Endalselva er justert slik at vannet styres mot Isdammen. I en kort periode var det hydrometriske målestasjoner i drift i Endalselv (st.nr. 400.7, Foto nr 13) i innløpet til Isdammen (ved kulvert for vegkryssing Endalselva- vei Endalen) og ved lukene/utløpet av Isdammen (st.nr.400.2). De var imidlertid bare i drift en kortere periode i sommersesongen og vel så viktig som vannføring, var måling av suspendert materiale. Målingene gir ikke grunnlag for noen flomberegning. Høyeste vannføring som er plottet i ref 1 ved Endalselv i perioden 1996-1998 er ~13,5 m^3/s. Verdier på 6-8 m^3/s ser ut til å være relativt vanlig.

Tabell 1 Hydrologiske data Isdammen, Grøner [ref 2]

Nedslagsfelt	36	km2
Breprosent	16	%
Medianhøyde av nedslagsfelt	460	Moh
Midlere årsavrenning	41 1 300	Mill m3 l/sek
Areal av magasin	1 200	Daa
Midlere dybde av magasin	1,7	M
Maksimaldybde av magasin	4	m
Magasinvolum ves fylt magasin	1,75	Mill m3
Kotenivå vannspeil	3,14	moh

Klimaet karakteriserer avrenningen i feltet. På vinteren vil selve elva normalt være frossen og uten vannføring. Avrenningen starter med smeltesesongen i mai/juni og varer til døgntemperaturen igjen går under 0° C i oktober. Det har vært unntaksepisoder bl.a. i desember 1995 da en hadde en intens nedbørsperiode med mildvær som ga vintervannføring. Høyeste registrerte nedbør pr døgn ved Svalbard lufthavn var 43 mm i august 1981.

Det er ikke funnet noen dokumentasjon på flomberegning for Isdammen, men det antas likevel at det er gjort en vurdering av flomvannføring i forbindelse med design av avløpet for dammen. Grunnlaget for en flomberegning er imidlertid svært tynt, og på denne bakgrunn er det hovedsakelig valgt å se på en flomberegning som er utført for Longyearbyelva [ref 3]. Longyearbydalen som er nabofeltet til Endalen har et nedbørfelt på 23 km^2, med en breandel på 30 %. De to feltene (Longyerbydalen og Endalen) har tilnærmet samme høyde/arealfordeling. Feltene er relativt raske, og konsentrasjonstiden for Longyearbyelva er beregnet til 1-2 timer. Dette vil si at flom vil kunne oppstå både alene ved korte ekstreme nedbørperioder og i sterke intense smelteperioder eller i en kombinasjon av disse. Flomberegningen [ref 3] er utført med PQRUT og baserer seg på kombinasjon av snøsmelting og nedbør. Modellresultater viste at det var regn i kombinasjon med snøsmelting i hele feltet i vårsesongen som ga størst avløp, større enn nedbør og avsmelting fra kun breareal seinere i sommersesongen. Utvalgte resultater er presentert i tabellene 2 og 3. Tabell 2 viser døgnmiddelverdier fra Longyearbyelva som videre er skalert til Endalselva og Isdammen. Tabell 3 viser spissverdier fra Longyearbyelva [ref 3]. De samme forholdene mellom spissverdier og døgnmiddel er benyttet for skalering av spissverdiene i Endalselva. Isdammen gir en betydelig demping avhengig av magasintilstanden og posisjon til bjelkestengslet, og bør derfor ikke skaleres på samme måte. Basert på et døgnmiddel på 30 m^3/s med spissverdi på 49 m^3/s er det konstruert et hydrogram (figur 3) som er rutet gjennom Isdammen. Det er videre gjort beregninger av avløpskapasitet.

Tabell 2. Døgnmiddelflom

Døgnmiddel flom m^3/s	Nedbørfelt [km2]	Qmid	Q100	Q1000
Longyearbyelva	23	10	24	32
Isdammen	32	14	33	45
Endalselva	28.3	12	30	39

Tabell 3. Spissverdier

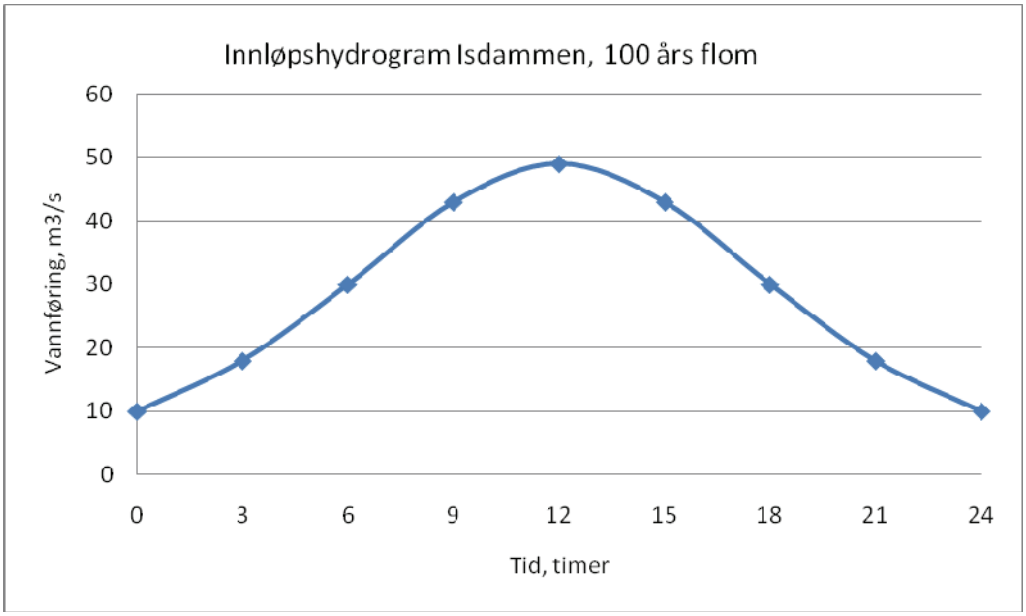
Spissverdier m^3/s	Nedbørfelt [km2]	Qmid	Q100	Q1000
Longyearbyelva	23	20	40	58
Endalselva	28.3	25	49	71

3.1 Tappeanording og beregnet avløpskapasitet

Omtrent midt på dammen er det et bjelkestengsel som går over i en betongkasse og videre ut i 3 stk "korrugerte" stålrør som går under dammen og veien til Gruve 7. Fotoene 8-12 viser konstruksjonen. Bjelkene må reguleres manuelt ved hjelp av en kjettingtalje. I forbindelse med måling av profilene ble

det også bedt om at geometri til overløp, rør og vannmerke ble målt inn. Dette ble imidlertid ikke gjort, og det er derfor en del antagelser i disse beregningene. Rørene har godt fall og har utvilsomt innløpskontroll. Vi har antatt en rørdiameter på 1,2 m. Maksimalvannføringen før en får dykket innløp ligger på 6 m^3/s (ved 1,4 m diameter ~10 m^3/s). I modellen har en ved ca 0,6 m overhøyde (over topp rør) en kapasitet på ca 12 m^3/s. Dette gjør at den maksimale vannføringen ut av dammen er bestemt av disse rørene når bjelkestengslet er helt åpent.

Det er kjørt en del transiente rutinger ved hjelp av HEC- Ras der kurven i figur 3 er innløpshydrogram. Innløpshydrogrammet svarer til en 100-års flom.

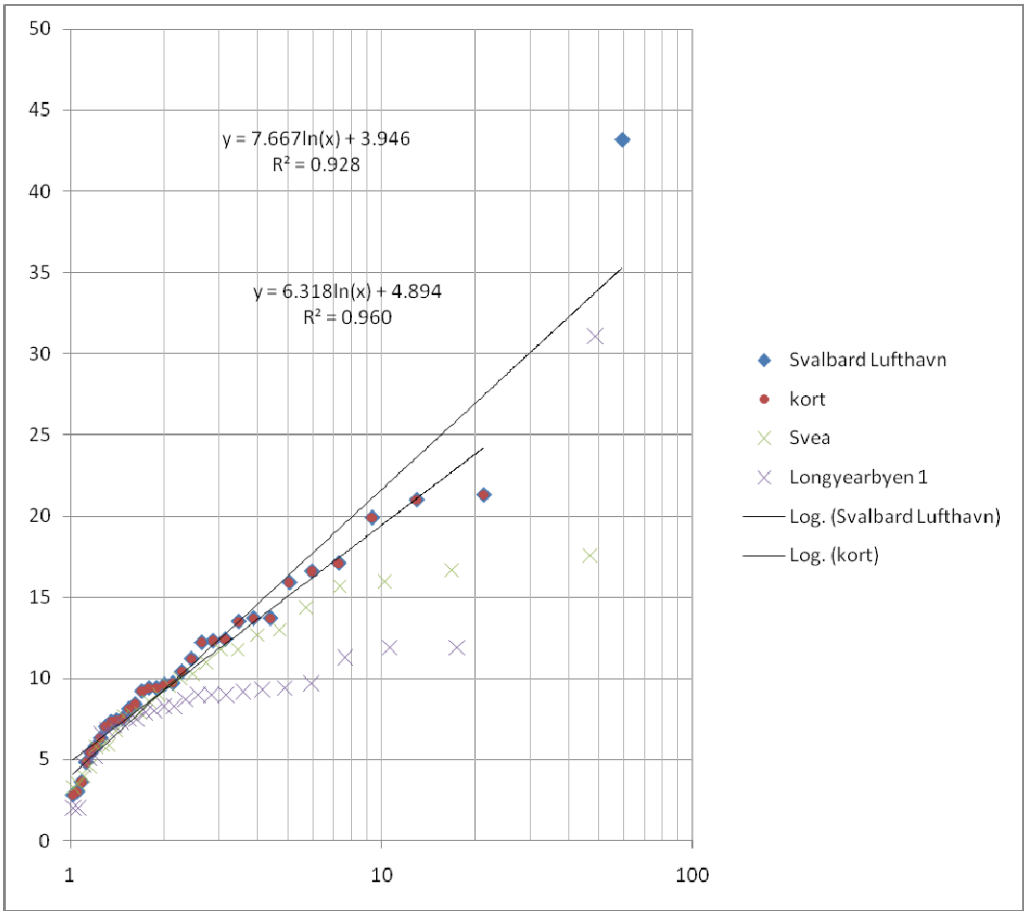


Figur 3. Innløpshydrogram

Volumet av innløpshydrogrammet over 10 m^3/s (dvs. vannføing over antatt maksimal avløpskapasitet i rørene) er noe større enn magasinvolumet mellom vannstand 2 og 3,5 m i Isdammen. Dette gjør at også i beregningene vil overløp over dam være avhengig av forutgående periode. Med åpne stengsler og 1 m^3/s som starttilstand (under 2 m vannstand i dammen) gjennom Isdammen, så tilsier modellen at det er mulig å klare en ekstremflom, mens med 5 m^3/s (over 2 m startvannstand i dammen) så vil en få en lengre periode med overløp. Vi har ikke sett noe manøvreringsreglement som sier hvordan dammen reguleres i forhold til kalenderåret eller snø – værforhold.

Et forhold som ikke er tatt med i betraktningene, er at en 100-års flom i Endalen vil frakte med seg en mengde fine og grovere masse som endrer innløpet i Isdammen og som muligens vil lede vann rett mot veien til Gruve 7. Det vil også oppstå en flomdemping i nedre del av Endalen før veien eventuelt bryter sammen.

I ref 3 er det diskutert kortidsnedbør benyttet i ekstremanalyse. Grunnlaget på Svalbard er svært tynt for å utføre slike analyser. For døgnnedbør har en et brukbart grunnlag for å velge en 100-års nedbør, men for timeandeler må en bruke andeler av ekstremnedbør som en finner i områder av Norge med samme nedbørsmengder, dvs. noen av de tørreste delene av Østlandet. Ekstrem kortidsnedbør her er imidlertid gjerne knyttet til konvektiv nedbør om sommeren. Disse forholdene vil neppe oppstå på Svalbard. Figur 4 viser en ekstremanalyse av døgnnedbør på noen stasjoner. For Svalbard lufthavn ser en at dataene gir en 35-40 mm som 100-års døgnnedbør.



Figur 4 Ekstremanalyse av døgnnedbør Svalbard.

3.2 Sedimenttilførsel til Isdammen

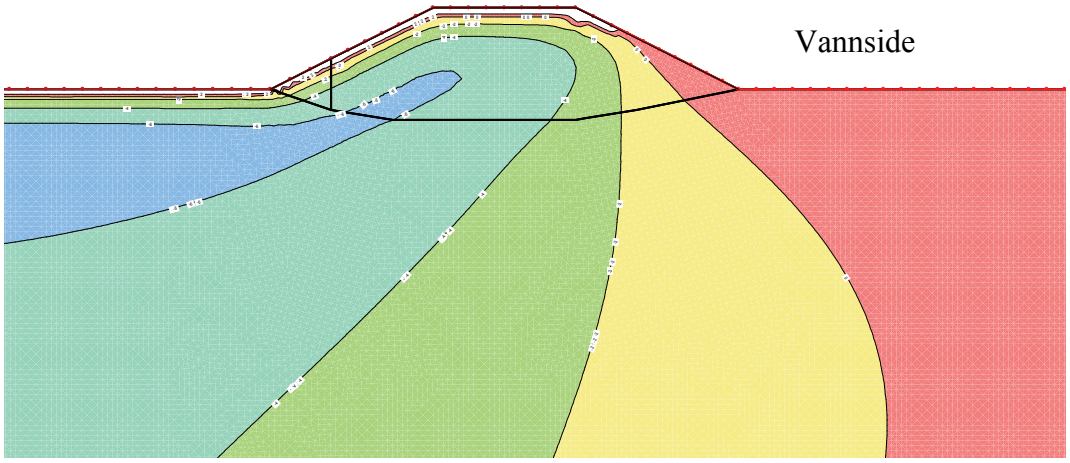
Sedimenttilførsel til Isdammen er dokumentert i ref 1. En vesentlig del av det grovere materialet sedimenteres i magasinet, og dette vil over tid gi redusert magasin. I måleperioden 1994-1998 var middeltransporten ~8100 tonn inn i Isdammen og ~5700 tonn ut av Isdammen. I tillegg kommer bunntransportert materiale. I forhold til volumkurven i ref 4, så utgjør suspendert nettoavsetning pr år i størrelsesorden ~2 ‰ av magasinvolumet under vannstand 3 m og ~4 ‰ av magasinvolumet under vannstand 2 m. Det er ønskelig å foreta en detaljert

bunnkartlegging (multisonar) som viser hvordan sedimentene legger seg i dammen og hvordan de påvirker inntaksområdet. Detaljert bunnkartlegging vil være e
n direktemåling av volumtilstanden i dammen.

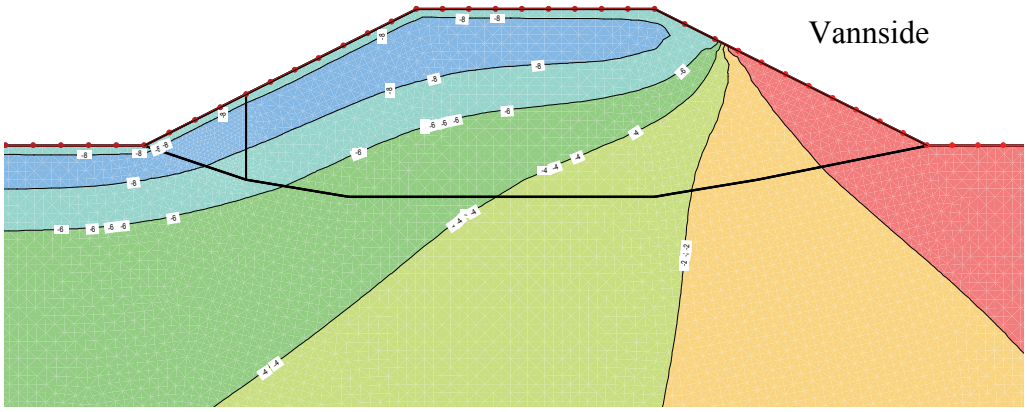
4 Temperatur og grunnforhold

Kartlegging av temperaturforholdene i dam og omliggende terreng er viktig for å forstå de mekaniske egenskapene til grunnen. Det er påtruffet høyt saltinnhold i deler av prøvene, og dette gjør at massene sannsynligvis kan være forholdsvis bløte (”bløt” permafrost) selv om temperaturen skulle være rundt årsmiddel (~-6 ° C).

Figurene 5 og 6 viser modellert temperaturforhold i dam og omliggende område. Modelloppsett og grensebetingelser påvirker resultatet, og resultatet kan forbedres med kalibrering fra målinger. Modellresultater gir imidlertid et viktig bilde av temperaturfordelingen under dammen. Boringene fra 1979 ble boret på vannsiden og ble tolket til å treffe permafrost på ~4- 5,5 m dyp. Det ville være nyttig å gjenta slike boringer over hele tverrsnittet av dammen.



Figur 5. Modellert temperaturfordeling for tidlig høstsituasjon. 0° - grense ligger mellom rødt og gult. Temperaturintervall er 2 °.



Figur 6. Vårsituasjon, modell med 2 grader varmere middeltemperatur.

I figur 5 er temperaturen inne i magasinet holdt på +1 gjennom hele året mens resten av kurven følger en normaltemperatursyklus rundt årsmiddel-temperaturen. I figur 6 er årsmiddeltemperaturen hevet 2 grader C for å studere effekten av et fremtidig potensielt varmere klima. Kulden blir fortsatt liggende som en frossen kile opp i dammen fra luftsiden. Ved varmere årsmiddel øker imidlertid tykkelsen av det aktive laget slik at et potensielt område for utstrømning kan øke, og erosjonsbeskyttelsen ved eventuell overtopping reduseres.

Det er imidlertid 2 forhold som gjør at beregningene kan gi for lav temperatur i grunnen:

1) Deler av mudderflaten utenfor dammen er tidevannspåvirket, og dette medvirker til at de antatte grensebetingelsene benyttet på luftsiden delvis er kaldere enn de er i realiteten.

2) Modellen tar ikke for seg at strømmende vann bringer med seg varme og bidrar til at deler av grunnen under dammen er frostfri. Lekkasjene er i seg selv et tegn på at grunnen ikke er frossen under deler av dammen.

Isdammen har trolig alltid hatt lekkasje, men det har blitt hevdet at vannstanden vinterstid likevel har minket mindre enn det forbruket skulle tilsi. Det har derfor en rekke ganger vært argumentert med at magasinet har innstrømmende grunnvann. Saltinnholdet i vannet øker (redusert drikkevanns-kvalitet) utover i vintersesongen. Dette kan være et tegn på at en har underliggende tyngre vann som er vanlig i fjorder og elver ut i sjø.

Isdam-magasinet har en størrelse som tilsier at som naturlig innsjø ville langtidstilstanden tilsi at det er et hull i permafrosten. Isdammen ligger såpass tett inntil fjellsiden, at under ikke-permafrost forhold ville en forvente oppadstrømmende strømning i grunnen. Det er derfor ikke noe merkverdig i at

grunnvannsstrømning skulle oppstå. Grunnvannsstrømning i dette området i seg selv er interessant også med tanke på grunnvannsforsyninger.

Klungland (ref 6) utførte istykkelsesmålinger på Isdammen ved hjelp av GPR. I et begrenset område ble det funnet tynnere isdekke enn ellers. Dette kan indikere oppadstrømmende vann, og dette bør følges opp med istykkelses-målinger.

Generelt er det slik at permafrosten ikke endres særlig av milde enkeltvintre, men av middeltemperatur over lengre tidsperioder. Isdammen har sannsynligvis en ytre og øvre frossen kjerne som tetter dammen. Denne delen er påvirkelig også for milde enkelvintre. Dammen er derfor påvirkelig for klimaendringer.

5 Vurdering av sikkersnivå for Isdammen

NVE klassifiserer dammer etter hvor mange boliger som berøres nedstrøms ved dambrudd. Klasse 3 er strengeste klasse der mer enn 20 boliger blir berørt, klasse 2 1-20 boliger og klasse 1 omfatter mindre en bolig der mennesker kan ha midlertidig opphold. Klasse 0 er en klasse der ingen boliger blir berørt. Isdammen vil trolig bli klassifisert i klasse 1 basert på hyppig bruk av dammen som vei, og i perioder er mudderflaten også hyppig besøkt av fugleinteresserte. Dammer klassifisert i klasse 1-3 er underlagt tekniske krav samlet i sikkerhetsforskriften [ref 7] som gjelder for dammer med større volum enn 0,5 mill m^3 oppdemt magasin, eller mer enn 4 m forhøyet vannstand.

Med hensyn på en risikovurdering for drikkevannsforsyningen, så er imidlertid NVEs klassifisering av mindre interesse. En dam skal ha tilstrekkelig sikkerhet både mot overtopping og indre erosjon for å kunne anses som sikker. Forhold og prosesser som bør vurderes med tanke på uønskede hendelser er:

Indre erosjon
Overtopping og erosjon på luftsiden
Stabilitet av luftsiden
Stabilitet av vannsiden

5.1 Indre erosjon

Ut fra den dokumentasjonen som er framskaffet, ser det ut som om Isdammen har hatt lekkasjer i all tid. Lekkasjevannet er klart, og det ser ut som om lekkasjekanalene dermed er stabile. Det er imidlertid svanker i dammen som kan skyldes indre erosjon eller sig av sideskråningene. Det er imidlertid så tett mellom lekkasjepunktene (20 talls konsentrert, totalt 50- talls lekkasjer langs dammen) at man ikke har oversikt over alle lekkasjepunktene. Mindre frostmengde i dammen pga. klimaendringer kan endre på lekkasjeveiene. Det er derfor viktig å følge lekkasjene og teleforholdene i og rundt dammen.

Under boring av hull i profil 8 virket det som en kom inn i et lag med høy permeabilitet. Det er ikke unaturlig at man i et område med elveavsatt materiale finner kanaler med høyere permeabilitet. Endring i frostmengde kan gjøre at slike kanaler kan bli aktive.

Dammen er ikke utført med en grovkornet damtå, og dette er en svakhet med konstruksjonen.. En oppbygging med en gradert damtå vil kunne styrke dammen så den bedre kan motstå lekkasjer uten bruddutvikling.

Kartlegging av frossent materiale i dammen gjennom året er nødvendig for å vurdere risikoen for bruddutvikling pga. indre erosjon.

5.2 Overtopping og erosjon på luftsiden

Ut fra en vurdering av hydrogrammet for en 100-års flom og volumkurven for magasinet, er det høyst sannsynlig at dammen i fremtiden vil bli utsatt for en flom som avløp og magasin ikke kan ta unna. Det er kun ved meget lav vannstand at dammen kan ta en større flom uten ukontrollert overtopping.

Under feltarbeidet i september 2008 var det mildvær med temperatur rundt 12° C. På dette tidspunktet var dammen ”bjelket” opp og vannstanden sto på topp over bjelkestengslet. Dette førte til at dammen rant over. Foto 5-7 illustrerer forholdene ved profil 2. Vind bidro til at en periodevis også fikk vann over damkrona selv etter at vannstanden var begynte å falle som følge av åpning av bjelkestengslet.

Basert på høstens erfaringer og modellert effekt av en 100-årsflomm anses dette ”ulykkestilfellet” som svært sannsynlig. Slik overtopping er ikke akseptabelt for Isdammen og bør unngås. Hendelsen kan gi stort tap av vann selv om selve bruddstedet kan være begrenset til en mindre del av dammen. Skaden og risikoen for tap av vann kan reduseres ved å legge inn et nytt overløp eller konstruere et lavpunkt i dammen.

5.3 Stabilitet av luftsiden

Luftsiden synes i hovedsak å bestå av finkornige masser med en del stein. En må anta at andelen stein er liten slik at stein i liten grad ligger mot hverandre. Dermed er permeabiliteten lav. Stabiliteten er god så lenge materialet er frosset. I tint tilstand vil materialet sige som en finkornig masse og gi sprekker i veikanten som foto 2 illustrerer. Leir– og siltinnholdet gjør at dammen er utsatt for telehiv og at massene vil ha høyt vanninnhold i tint tilstand. Stabiliteten er lavest på høsten før temperaturen kommer under null og når dammen har størst vanntrykk, indre poretrykk og underliggende vanntrykk.

Ut fra vurdering av temperatur og et senario der middeltemperaturen øker med + 2 grader, så er det sannsynlig at dammen med tiden vil få et dypere aktivt lag

og samtidig få ”bløt” permafrost høyere opp mot dammen. Dammen er i dag relativt tett og stabil takket være tele i damkroppen når dammen fylles opp før vintersesongen.

Dammen eller veien er også utsatt for trafikklast. Tillatt lasta er nå redusert til ca 20 tonn fra tidligere ca 50 tonn per lass fra Gruve 7.

5.4 Stabilitet av vannsiden

Vannsiden i fyllingsdammer er mest stabil så lenge det er høy vannstand i dammen. Ved lav vannstand, er forholdene tilsvarende som på luftsiden. Isdammen har et høyt finstoffinnhold som gjør at utfylt materiale på vannsiden ikke er stabilt før finstoffet er vasket ut og steinmassene ligger mot hverandre. (se Foto 1) Vannsiden har ikke stabilitet fra frossen grunn, og som mudderdam med toppbelastning (kjøretøybelastning) vil en skråningshelning brattere enn 1:2 ikke kunne anses som tilfredsstillende.

Dammen mangler bølgebeskyttelse i form av grov ordnet stein. En slik beskyttelse bør ligge som et stabilt dekke minimum 0,5 m under laveste regulerte vannstand og 0,5 m over høyeste regulerte vannstand for å beskytte mot bølgepåkjenninger og hindre erosjon i skråningen på vannsiden.

Fremtidige skader på vannsiden anses derfor som meget sannsynlig, men skader kan fanges opp av kontinuerlig tilsyn og vedlikehold. Sannsynligheten for at hendelsen vil føre til hurtig dambrudd er derfor liten.

Det er flere geotekniske forhold som bør utredes nærmere. Aktuelle videre problemstillinger som bør følges opp er:

- Hva er temperaturfordelingen i, foran og under dammen?
- Hva er termiske og mekaniske egenskaper til ”morene”-materiale med høyt saltinnhold? Hvilken følsomhet har dammen for temperaturøkning?
- Bunnkartlegging med multisonar vil gi oversikt over sedimentasjonsforholdene i magasinet.

6 Konklusjoner og forslag til tiltak

Dammen har ikke tilfredsstillende sikkerhet mot brudd, og sikkerheten mot overtopping er for lav.

Tidligere rapporter fra Isdammen tyder på at det gjennom all tid har vært lekkasjer gjennom dammen (issvuller på vinteren). Basert på saltinnhold og borsynk lengst øst på dammen der dammen er lavest, samt lekkasje i damfoten, indikerer at frosne forhold/fast permafrost først og fremst er et toppfenomen i dammen.

Bredden og høyden på dammen i østenden kan indikere at massene siger ut.

Isdammen har liten sikkerhet mot brudd sammenlignet med dammer på fastlandet. Dammen har en konstruksjon som kan sammenlignes med en midlertidig anleggsdam. Konsekvensen for liv er imidlertid liten slik at behov for stabilitet kan vurderes ut fra sikkerhet for pålitelig drikkevannsforsyning.

HRV er oppgitt til å være 3,5 m i seinere dokumenter mens Instanes (ref 4) har en figur over damvolum der HRV er 3,14 m.

Det eksisterer ikke noe godt grunnlag for ekstremanalyse for flom på Svalbard. For felter som Endalen og Longyeardalen er det korttidsnedbør i smelteperioden som er antatt å være mest viktig. Måling av nedbør og vannføring er nødvendig både for drifting av dammen og for å forbedre grunnlaget for å fastsette dimensjoneringsgrunnlaget. Flomsituasjonen i september 2008 kan ikke sies å ha vært godt forberedt.

Forslag til tiltak

1. Utarbeide reguleringsreglement for dammen. Høyeste regulerte vannstand må til enhver tid ta hensyn til dammens laveste partier. Det skal minimum være 0,5 m mellom HRV og damkrone hvis overløpskapasiteten er tilfredsstillende. Overløpskapasiteten for Isdammen synes ikke å være tilfredsstillende. Ved å gjennomgå reglement og lage en teknisk plan for hvordan dammen bygningsmessig skal utvikle seg og vedlikeholdes, vil dette i seg selv redusere faren for uønskede hendelser og bør derfor være første start på risikoreduserende tiltak for Isdammen.
2. En gjennomgang av HRV, damhøyde og overløpshøyde kan vise at HRV må settes ned og/eller damhøyden endres.
3. Senke eller arrondere et lengre parti av dammen slik at et overløp på dammen kommer på et forhåndsbestemt sted. Damfot og nedstrøms område må sikres med steinplastring.
4. Bygge damtå.
5. Sikre mot bølgeerosjon.
6. Forsterke dammen på de lavere delene av damkrona.
7. Installere trykkmålere som overvåker vannstanden ved innløp og utløp til dammen. Benytte varslede nedbør- og temperaturforhold til å forutsi manøvrering av dammen. Observasjoner gir over tid grunnlag også for å bestemme høyder og nødvendig avløpskapasitet for dammen.

Nye luker bedrer manøvreringsevnen til dammen, men dette gir ikke noen kapasitetsforbedring av selve flomledningsevnen til dammen. Flomkapasiteten til dammen er i dag begrenset av rørene og ikke av selve bjelkestengslet. Rørene har innløpskontroll og har en antatt maksimalkapasitet under 10 m^3/s. Geometri av rør og bjelkestengsel må måles og tegnes opp.

Et overløp i østre delen av dammen vil redusere mulighetene for et større dambrudd fordi damhøyden her er lavest, og tap av vann vil bli minst. Høyden på overløpet bør ligge minimum ~0,5 m under damkrone.

7 Referanser

Ref /1/ NVE dokument 11/1999, Suspensjonstransporten ved målestasjonene i Endalselva og utløpet av Isdammen.

Ref /2/ Hovedplan for vannforsyning i Longyearbyen, Grøner 1996

Ref /3/ Preliminær flomberegning, Longyearbyen – Elvesletta, NVE rapport nr 07 1996

Ref /4/Kotekart og vannvolum i Isdammen, Bjarne Instanes, 1989

Ref /5/ Winter water balance for Isdammen, Svalbard, Klaus Klungeland, 2000.

Ref /6/ Forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg, Lovdata

Foto

Foto 1. Område profil 9 til 8. Bølgeutvasking og svanke i svingen (ved profil 8).

Foto 2. Sprekker i topp av skråning luftside.

Foto 3. Typisk lekkasjepunkt

Foto 4. Større lekkasjesoner

Foto 5. Bølger og vind slår inn over veien

Foto 6 Erosjon på luftsiden

Foto 7 Utvasket materiale etter overtopping og bølgeoverslag

Foto 8 Bjelkestengsel

Foto 9. Bjelkestengsel med overløp ned i kulvertbrønn.

Foto 10. Innløp kulvert etter bjelkestengsel

Foto 11 Utløp kulvert på luftside dam

Foto 12. Bjelkestengslet åpnet med ~3 bjelker. Fortsatt god kapasitet i rørene.

Foto 13. Gammel målestasjon nr 400.7 Endalen. Avløpskurven er trolig endret pga. rør/kanaler som er delvis klappet sammen.

Vedlegg A -

Innhold

A1 NGI laboratorieundersøkelser 1979

A2 NGI laboratorieundersøkelser 2008

A3 Kornfordelingsanalyser i ref. 1

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr.	Vanninnhold, %	Densitet, t/m³	Skjærfasthet s_u, kN/m²	Sensitivitet, S_t
	FINSAND, siltig		01	20 30 40 50			
	LEIRE, siltig fast		02				
5							
10							
15							
20							

ISDAMMEN, LONGYEARBYEN, SVALBARD

Dato 14.6.79 Tegner OJ

BORPROFIL

Hull P1

Terr. kote

Prøve Ø. CRREL.

Godkjent OJ

+ vingeboring ● trykkforsök ∇ konus w = vanninnhold w_L, w_P = flyte- og utrullingsgrense

Oppdr. nr. 79013

Norges geotekniske institutt

Tegn. nr. 001

Skjema nr. 007.12-77.1000. R.

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr.	Vanninnhold, %	Densitet, t/m³	Skjærfasthet s_u, kN/m²	Sensitivitet, S_t
	FINSAND		03	10 20 30 40 50		10 20 30 40 50	
	SAND OG GRUS		04				
			13				
	SILT OG LEIRE, lagdelt		05				
			07			DREIESONDERING	
	Pr. serie avsl.		28		2.10		
	Ant. permfrostnivå pr. 5.5.79					0 100 200 300 400 500	
						Halve omdreia. pr. m synkn.	
10							
15							
20							

ISDAMMEN, LONGYEARBYEN, SVALBARD

Dato 14.6.79 | Tegner OS

BORPROFIL

Hull P2

Godkjent OS

Terr. kote

Pröve ØCRREL/54mm

Oppdr. nr. 79013

+ vingeboring ⊙ trykkforsök ∇ konus w = vanninnhold w_L, w_P = flyte- og utrullingsgrense

Norges geotekniske institutt

Tegn. nr. 002

Skjema nr. 007.12-77.1000. R.

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr.	Vanninnhold, %	Densitet, t/m³	Skjærfasthet s_u, kN/m²	Sensitivitet, S_t
1	FINSAND LEIRE, siltig SILT OG FINSAND, lagdelt					DREIESONDERING 0 100 200 300 400 500 · Halve omdrein. pr. m synkn.	
	Pr. serie avsl.						
	Ant. permafrostnivå pr. 6.5.79						
10							
15							
20							

ISDAMMEN, LONGYEARBYEN, SVALBARD

Dato 14.6.79 | Tegner OS

BORPROFIL

Hull P3

Godkjent OS

Term. kote .....

Prøve ØCRREL/54mm

Oppdr. nr. 79013

+ vingeboring ⊙ trykkforsøk ∇ konus w = vanninnhold w_L, w_P = flyte- og utrullingsgrense

Norges geotekniske institutt

Tegn. nr. 003

Skjema nr. 007.12-77.1000. R.

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr.	Vanninnhold, %	Densitet, t/m³	Skjærfasthet s_u, kN/m²	Sensitivitet, S_t
	FINSAND		73				
	LEIRE, siltig		74				
	FINSAND		75		2.00		
	lag av silt og leire		76		2.05		
	Pr. serie avsl.					DREIESONDERING	
5							
	Ant. permafrostnivå					0 100 200 300 400 600	
						Halve omdrein. pr. m synka.	
10							
15							
20							

ISDAMMEN, LONGYEARBYEN, SVALBARD

Dato 14.6.79 Tegner OG

BORPROFIL

Hull P 4

Tem. kote

Pröve ØCRREL/54mm

Godkjent

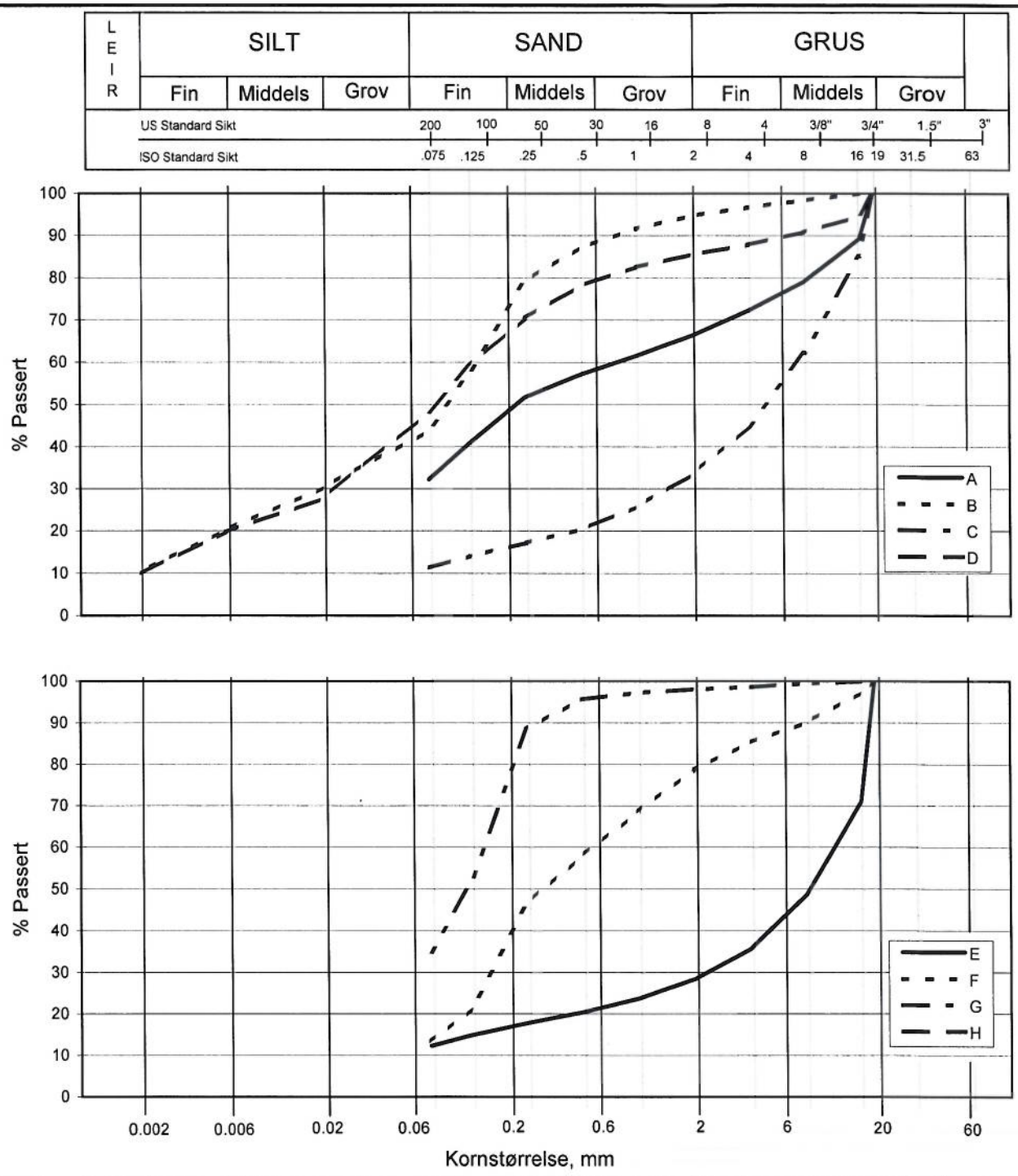
Oppdr. nr. 79013

+ vingeboring ⊙ trykkforsök ∇ konus w = vanninnhold w_L, w_P = flyte- og utrullingsgrense

Norges geotekniske institutt

Tegn. nr. 004

Skjema nr. 007.12-77.1000. R.



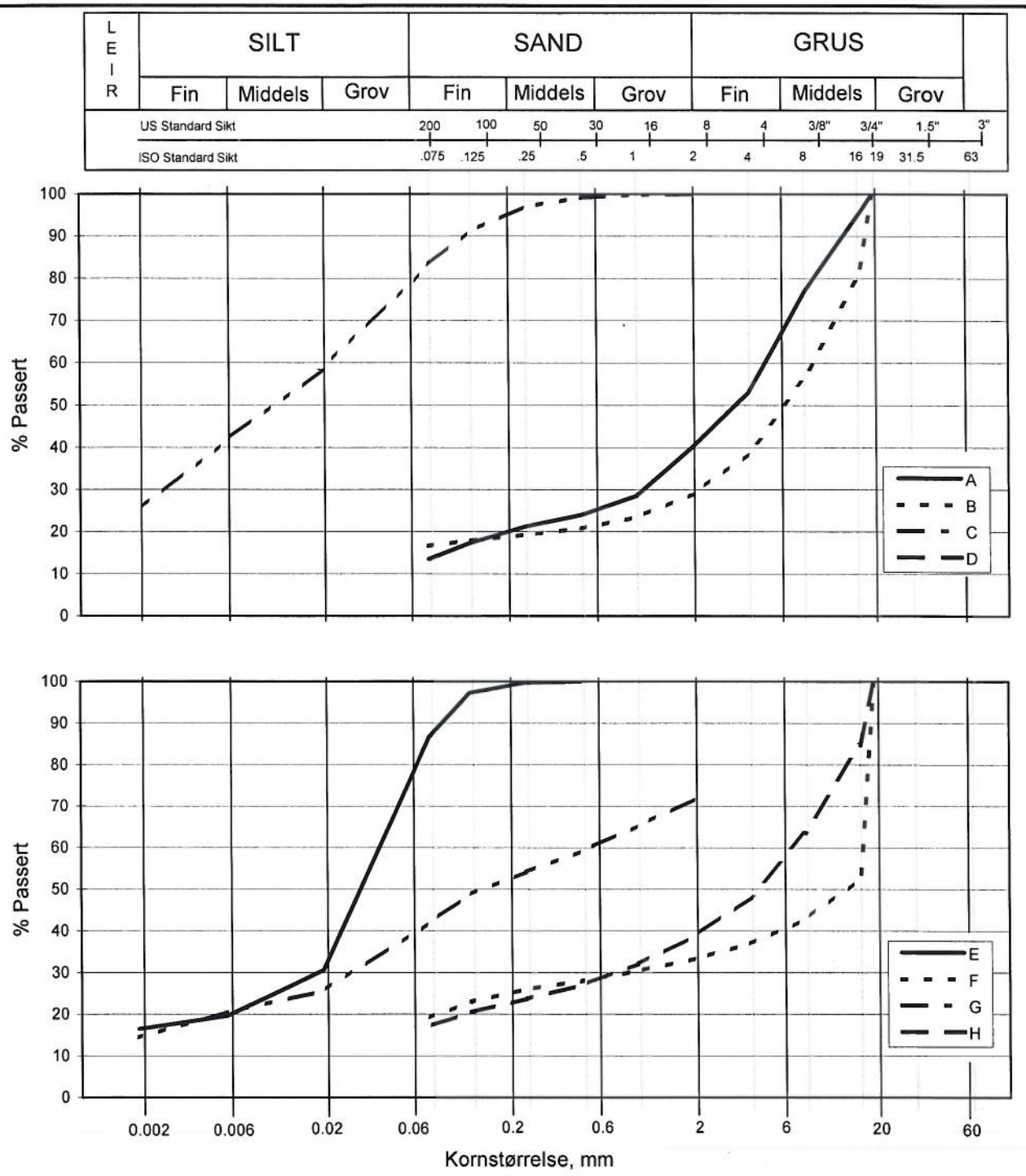
Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C_u (d_{60} / d_{10})	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	Metode tørr/våt sikt
A	1	1					MORENE, grusig, sandig, (leirig?)	Våt sikt
B	1	4			T4	10,0	MORENE, grusig, sandig, leirig	Våt sikt
C	2	1					GRUS, sandig	Våt sikt
D	2	3		64,0	T4	9,6	MORENE, grusig, sandig, leirig	V.s.+F.D.
E	3	2					GRUS	Våt sikt
F	3	4	Permtestet				SAND, grusig	Våt sikt
G	3	5					SAND, fin, siltig, (leirig?)	Våt sikt
H								

Isdammen

Kornfordelingskurver

Rapport nr.	Figur nr.
20081544	
Tegnet av: R.O.	Dato: 2008-11-12
Kontrollert: EB	
Godkjent:	

NGI



Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C_u (d_{60} / d_{10})	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	Metode tørr/våt sikt
A	7	2					GRUS, sandig	Våt sikt
B	8	5					GRUS, sandig	Våt sikt
C	8	6			T4	24,8	LEIRE, siltig, sandig	V.s.+F.D.
D								
E	9	Elvemel			T4	16,4	LEIRE, siltig, sandig	Falling drop
F	9	3					GRUS, sandig	Våt sikt
G	9	3	Permtestet		T4	14,5	MORENE, sandig, grusig, leirig,	Falling drop
H	9	6					GRUS, sandig	Våt sikt

Isdammen

Kornfordelingskurver

Rapport nr.	Figur nr.
20081544	
Tegnet av: R. O.	Dato: 2008-11-12
Kontrollert: EB	
Godkjent:	

NGI

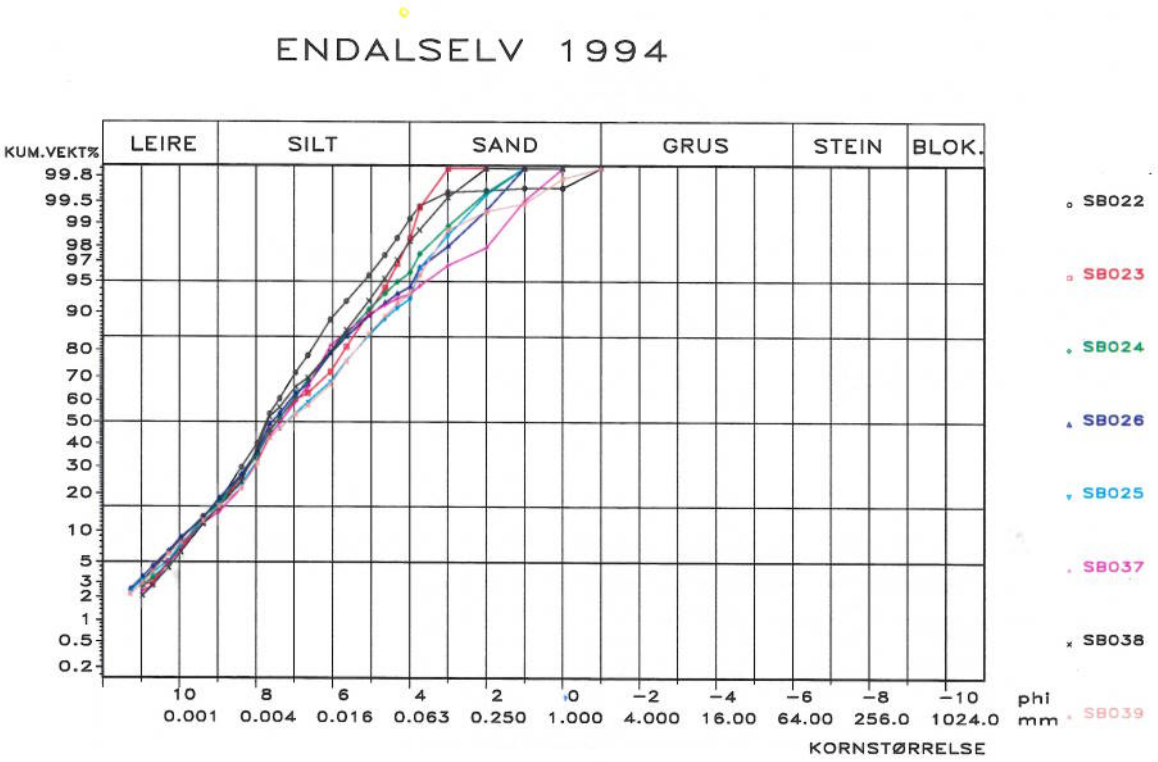


Fig 22a Kornfordelingskurver Endalselv 1994

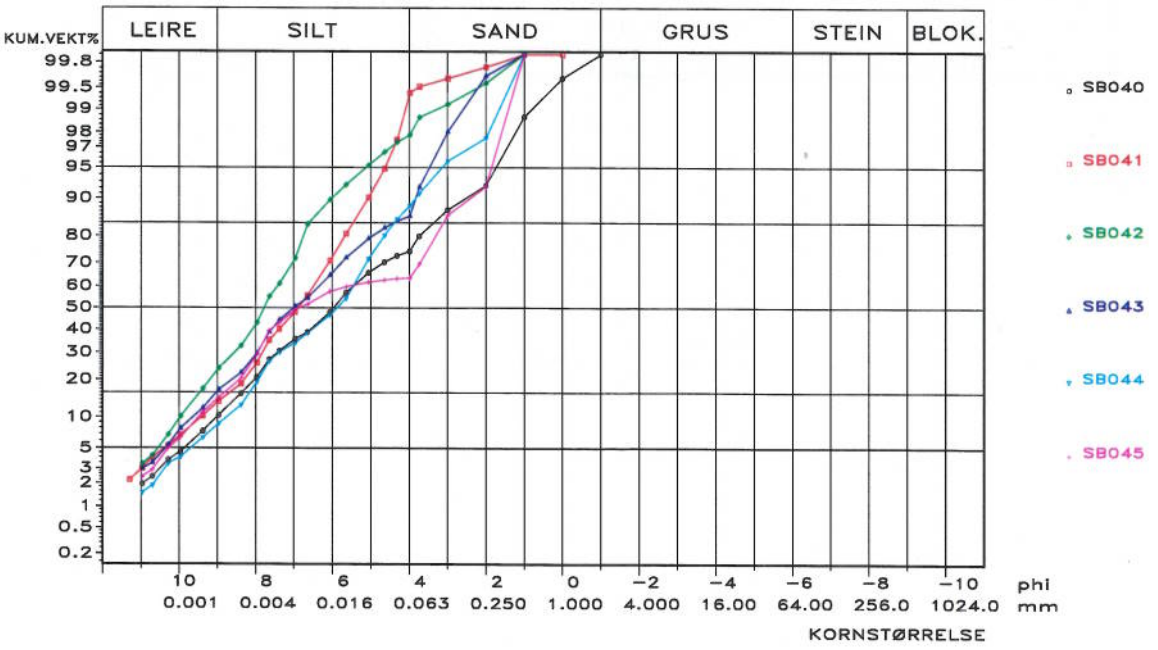


Fig 22b Kornfordelingskurver Endalselv 1994

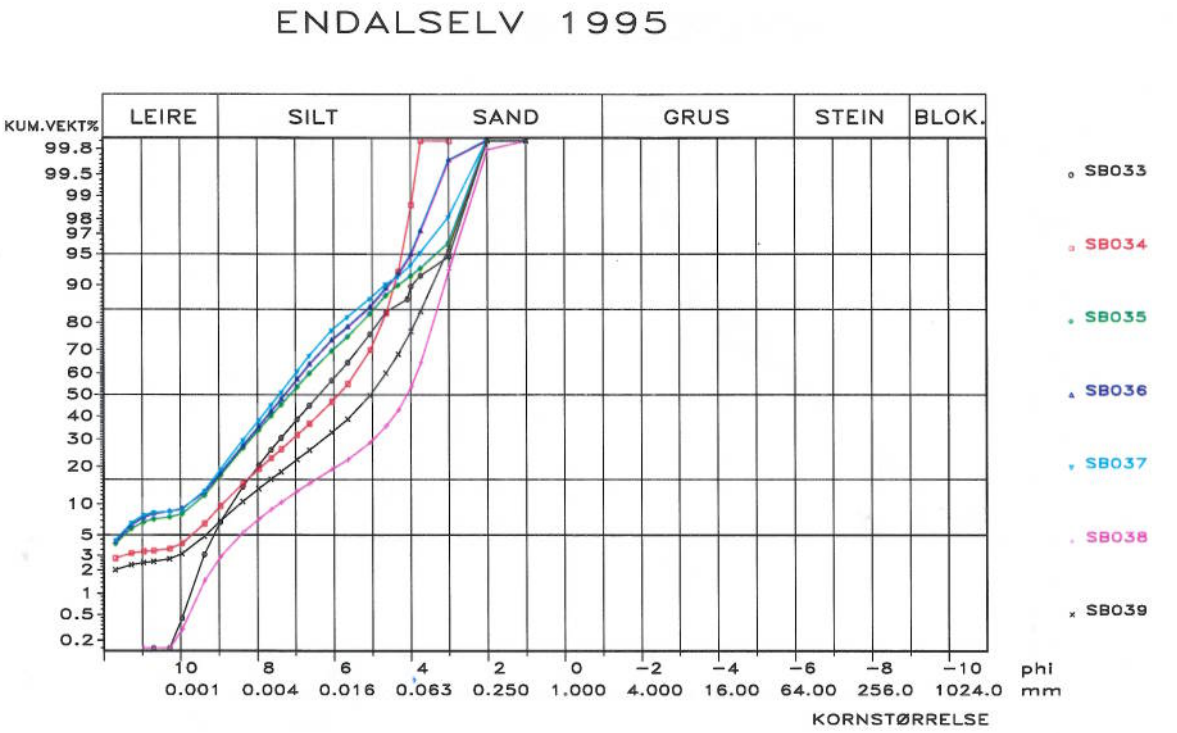


Fig 23 Kornfordelingskurver Endalselv 1995

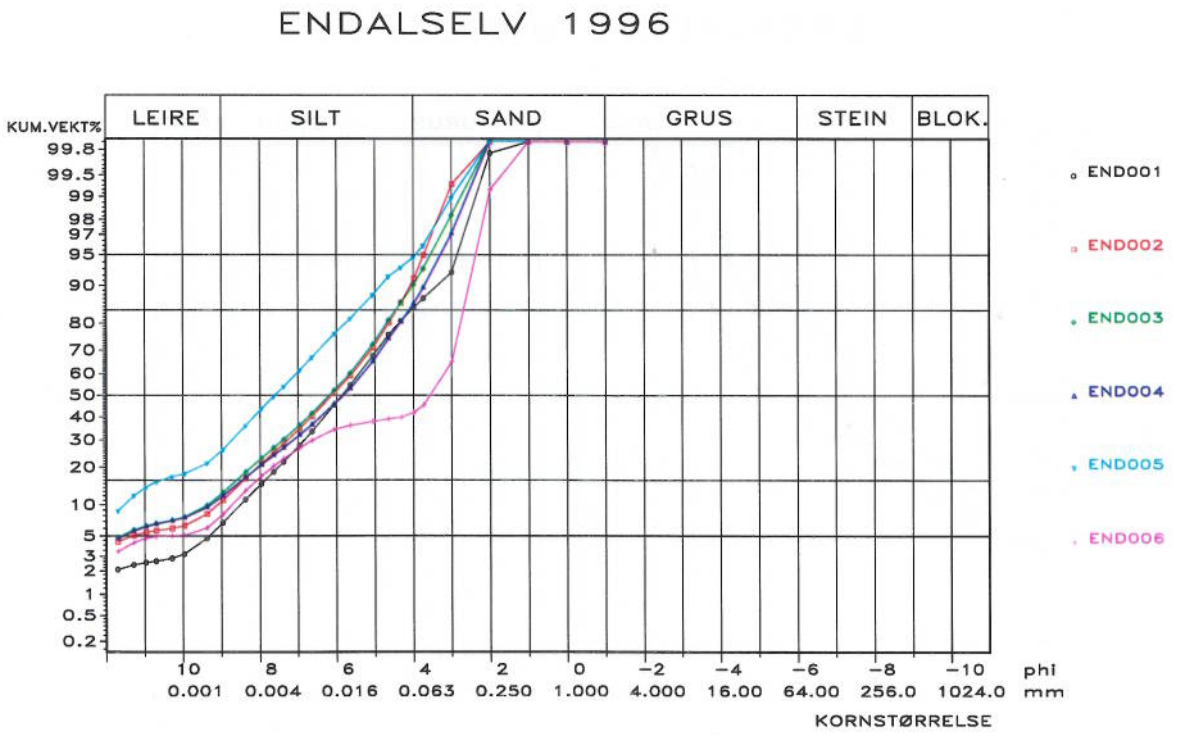


Fig 24a Kornfordelingskurver Endalselv 1996

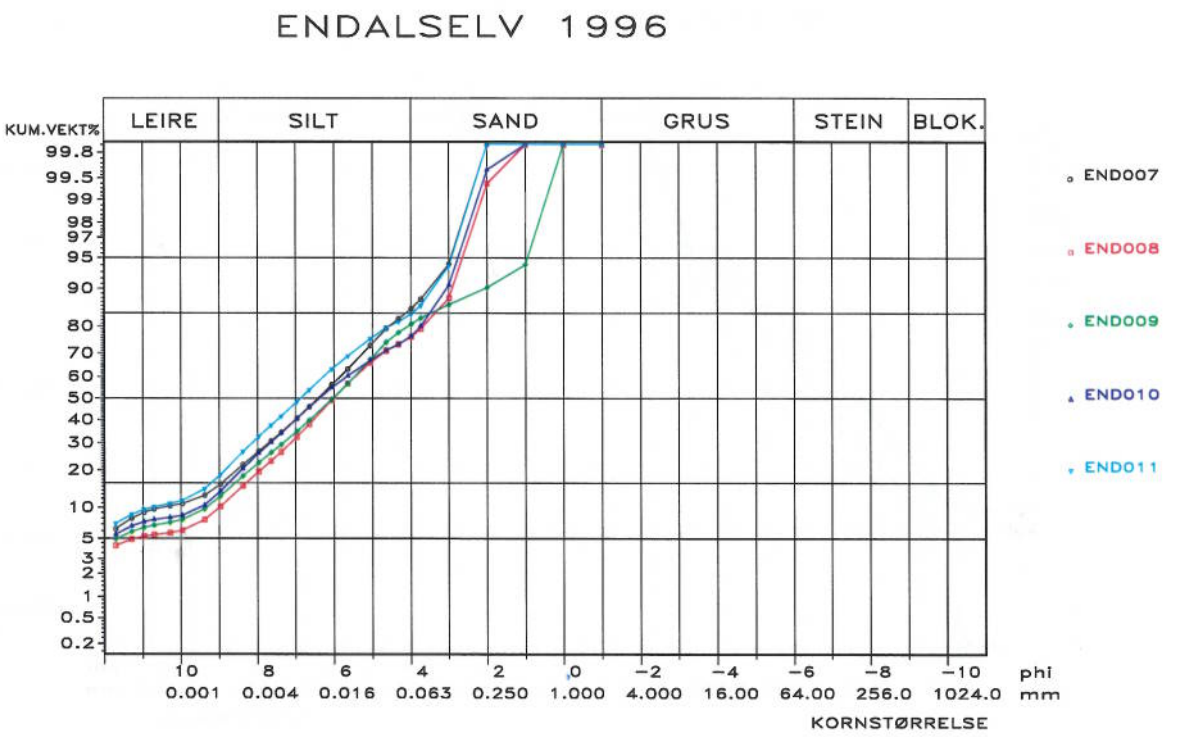


Fig 24b Kornfordelingskurver Endalselv 1996

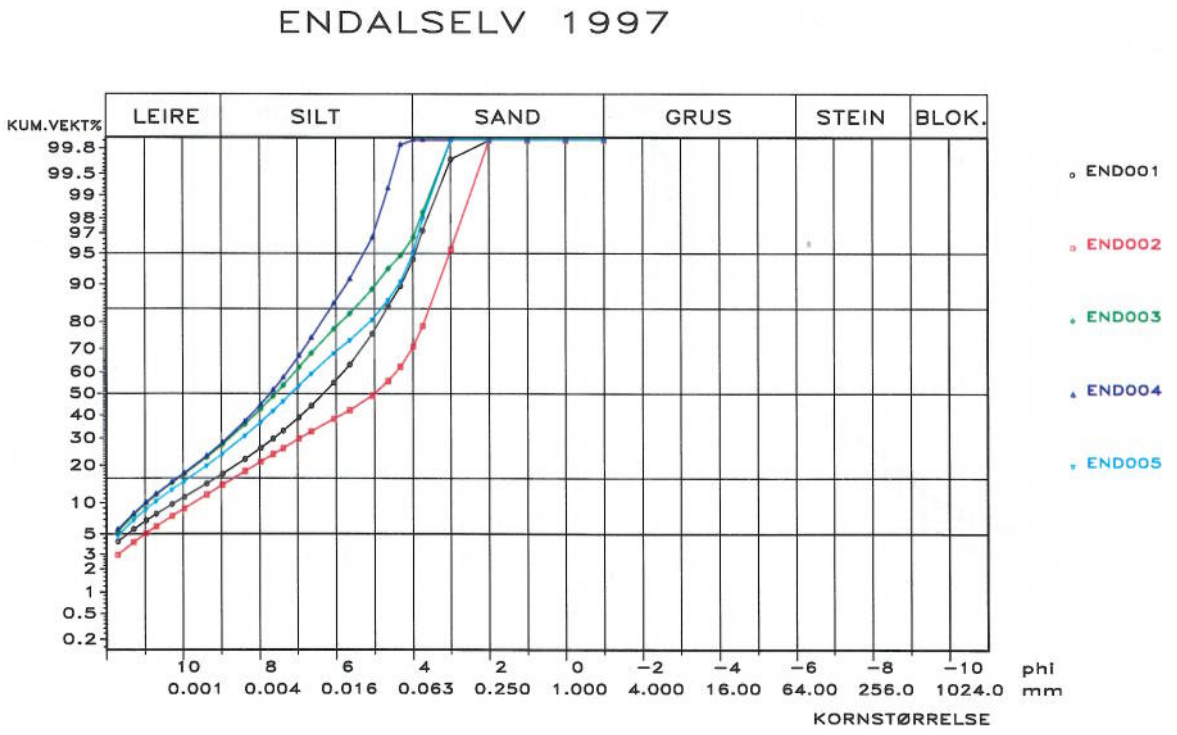


Fig 25a Kornfordelingskurver Endalselv 1997

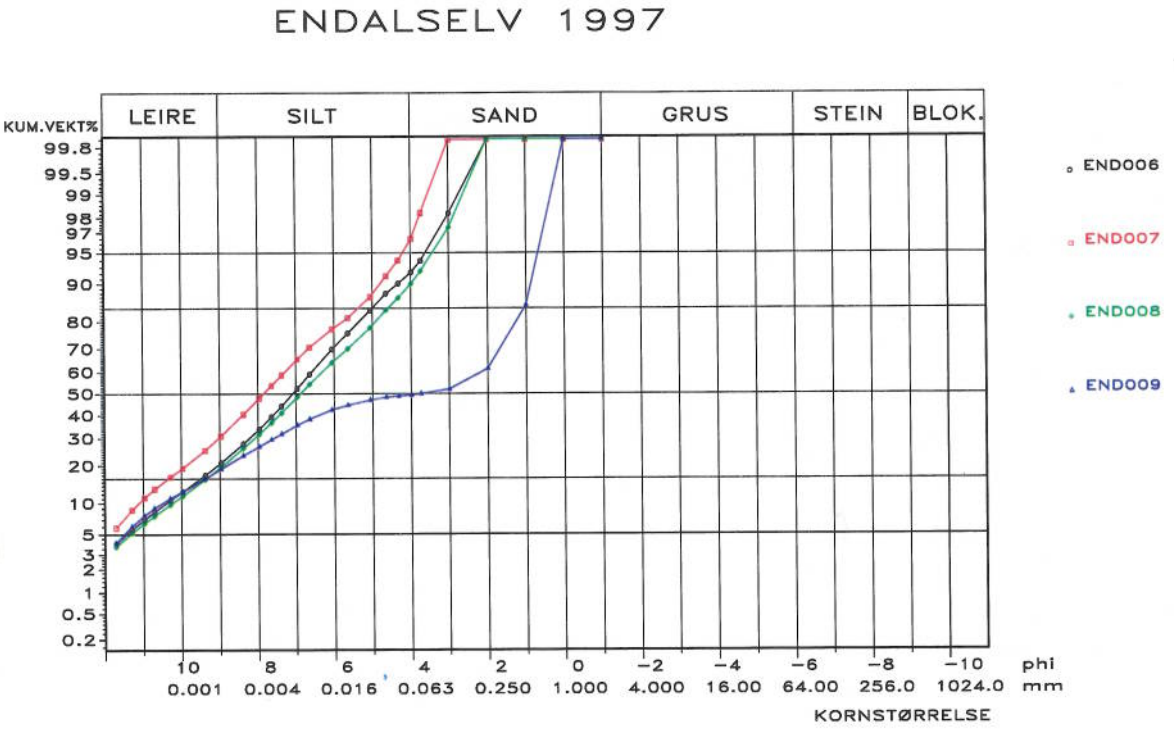


Fig 25b Kornfordelingskurver Endalselv 1997

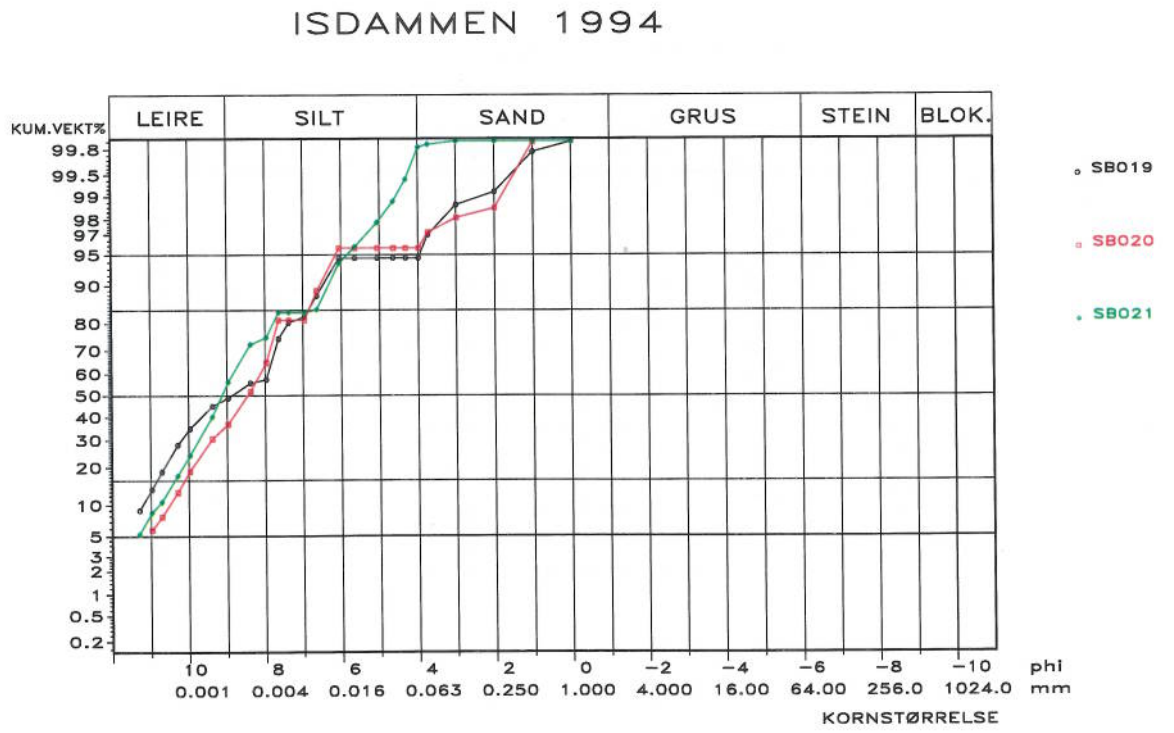


Fig 26 Kornfordelingskurver Isdammen 1994

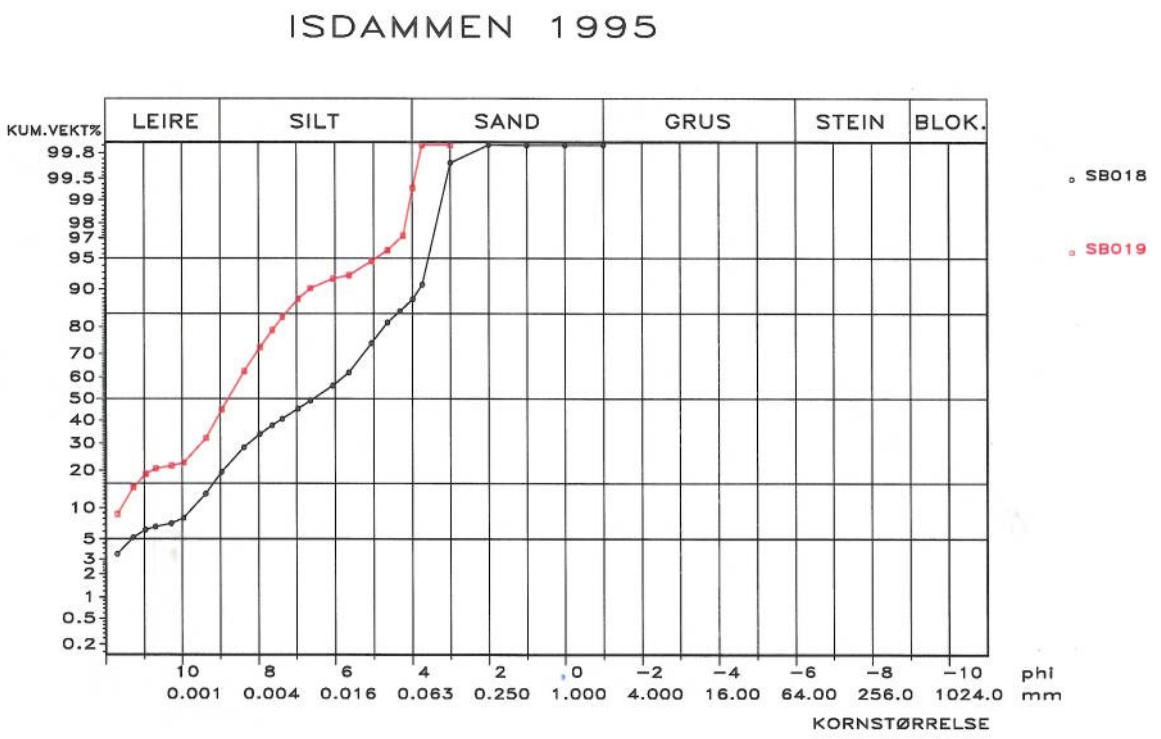


Fig 27 Kornfordelingskurver Isdammen 1995

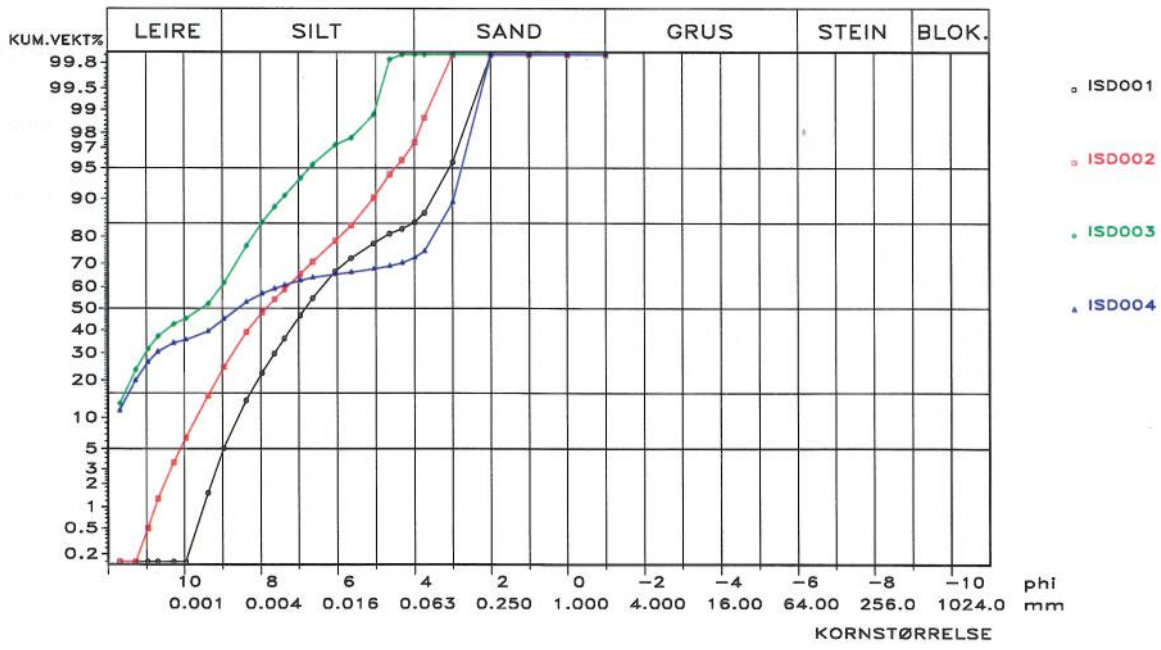


Fig 28 Kornfordelingskurver Isdammen 1996

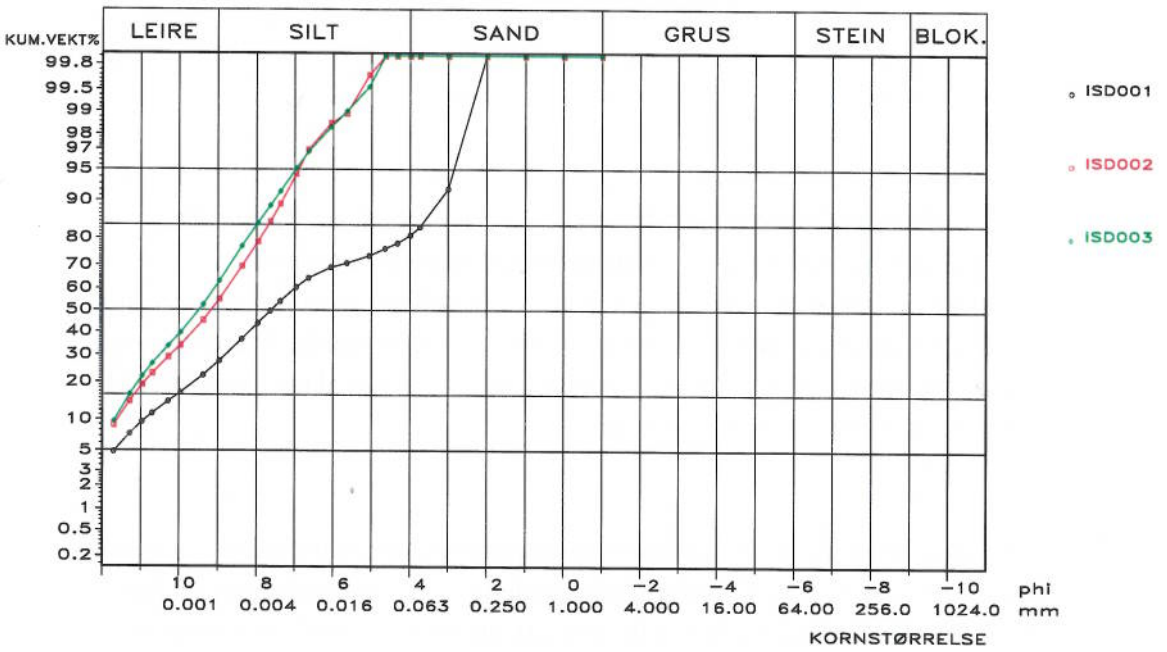


Fig 29 Kornfordelingskurver Isdammen 1997

Kontroll- og referanseside/
Review and reference page

NGI

Dokumentinformasjon/*Document information*		
Dokumenttittel/*Document title* Isdammen, Longyearbyen - Risikovurdering av Isdammen		**Dokument nr/*Document No.*** 20081544
Dokumenttype/*Type of document* ☒ **Rapport/*Report*** ☐ **Teknisk notat/*Technical Note***	**Distribusjon/*Distribution*** ☐ **Fri/*Unlimited*** ☒ **Begrenset/*Limited*** ☐ **Ingen/*None***	**Dato/*Date*** 19. mars 2009 **Rev.nr./*Rev.No.***
Oppdragsgiver/*Client* Svalbard Samfunnsdrift		
Emneord/*Keywords*		

Stedfesting/*Geographical information*	
Land, fylke/*Country, County*	**Havområde/*Offshore area***
Kommune/*Municipality*	**Feltnavn/*Field name***
Sted/*Location*	**Sted/*Location***
Kartblad/*Map*	**Felt, blokknr./*Field, Block No.***
UTM-koordinater/*UTM-coordinates*	

Dokumentkontroll/*Document control*

Kvalitetssikring i henhold til/*Quality assurance according to* NS-EN ISO9001

Rev./ *Rev.*	**Revisjonsgrunnlag/*Reason for revision***	**Egen-kontroll/ *Self review* av/*by:***	**Sidemanns-kontroll/ *Colleague review* av/*by:***	**Uavhengig kontroll/ *Independent review* av/*by:***	**Tverrfaglig kontroll/ *Inter-disciplinary review* av/*by:***
0	Originaldokument	oah	kh		

Dokument godkjent for utsendelse/ *Document approved for release*	**Dato/*Date***	**Sign. Prosjektleder/*Project Manager***
	NGI 19/3-09	Øyvind Armand Høydal

NGI er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

NGI arbeider i følgende markeder: olje og gass, bygg og anlegg, samferdsel, naturskade og miljøteknologi.

NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002, og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI is a leading international centre for research and consulting in the geosciences.

NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the environment, installations and structures.

NGI works within the oil and gas, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA. NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002, and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no

Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01281/IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr/Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989