

HÅNDBOK

Tilstandsbeskrivelse for betong- og fyllingsdammer



Del II-1

Skadekatalog betongdammer



Innhold

1.	Matrise som viser sammenheng mellom skadetype og årsaker	1
2.	Kort beskrivelse av skadeårsaker	1
2.1	Uttørringssvinn	2
2.2	Plastisk svinn	2
2.3	Plastisk setning	2
2.4	Armeringskorrosjon	3
2.5	Frostsprenning	5
2.6	Frysing i fersk tilstand	5
2.7	Alkalireaksjoner	5
2.8	Utluting - kalkutfelling	6
2.9	Sulfatangrep	7
2.10	Syreangrep	7
2.11	Saltangrep (tinesalter)	7
2.12	Temperaturbelastning	8
2.13	Temperatur i herdnende betong	8
2.14	Kavitasjon	8
2.15	Erosjon av rennende vann/partikler	9
2.16	Utstøpingsskader	9
2.17	Overbelastning/Underdimensjonering	10
3.	Veiledning i tilstandsbedømmelse for visse skadetyper	12
3.1	Tilstandsgrad for riss i mønster fordelt over betongoverflaten	12
3.2	Enkeltriss	13
3.3	Tilstandsgrad for krakelering	13
3.4	Tilstandsgrad for lekkasje og utfelling av kalk og rust	14
3.5	Tilstandsgrad for erosjon - slitasje	14
3.6	Tilstandsgrad for kavitasjon	15
3.7	Tilstandsgrad for armeringskorrosjon	15
3.8	Tilstandsgrad for avskalling/bom	16
3.9	Tilstandsgrad for forskyvninger	16
4.	Skadetyper - illustrasjoner	17



SKADEKATALOG - BETONGDAMMER

Denne fremstillingen av skadetyper og årsaker er kortfattet og enkel. Det henvises generelt til faglitteraturen når det gjelder mer detaljert beskrivelse.

1. MATRISE SOM VISER SAMMENHENG MELLOM SKADETYPE OG ÅRSAKER

Etter RIF-Håndbok Tilstandsanalyse for Betongkonstruksjon	Uttørkingssvinn	Plastisk svinn	Plastisk setning	Armeringskorrosjon	Frostsprenning	Frysing i fersk tilstand	Alkalireaksjoner	Utlutning	Sulfatangrep	Syreangrep	Saltangrep	Temp.belastning	Temp. i herdende betong	Kavitasjon	Rennende vann, partikler	Overbelastn./Underdim.	Ustøpingsskader
Tilfeldig Avskalling, Bom, Delaminering	●			●	●		●				●	●					
Avskalling langs jern				●													
Riss langs armering		●	●	●													
Diagonale/skråriss/sprekker	●												●			●	
Tilfeldige sprekker	●	●			●	●						●	●			●	
Tversgående riss/sprekker													●			●	
Mørke og fuktige riss	●						●	●									
Krakelering	●	●			●		●		●	●	●	●	●				
Riss med utfelling				●			●	●									
Utfelling som gelmasse							●										
Kalk-saltutslag								●									
Rustutfelling				●													
Oppsmuldring/forvitring					●	●	●		●	●	●	●					
Steinreir																	●
Nedbøyning/deformasjoner							●									●	●
Knusning																●	
Overflateslitasje/groper					●									●	●		
Lekkasje	●		●									●	●				●

Matrisen er sakset fra [10]¹ «Tilstandsanalyse av Betongkonstruksjoner», og gir grunnlag for definisjoner og terminologi.

2. KORT BESKRIVELSE AV SKADEÅRSAKER

Nedenfor gis en kort beskrivelse av hver skadeårsak som er nevnt i den horisontale, øverste linje i matrisen. For hver årsak nevnes de symptomer som kan opptre, ifølge punktene i matrisen.

Felles for en rekke skader er at de er knyttet til inntrengning av fukt og til nedbrytning av sementlimet i betongen ved forskjellige kjemiske reaksjoner. En generell nøkkel til å oppnå bestandig betong ligger i høy tetthet/lav permeabilitet på betongen. Dette oppnås generelt ved å sørge for tilstrekkelig lavt masseforhold, vann/semementall, i betongen, og en god herdeperiode hvor uttørking hindres. Dette har igjen øket trykkfasthet som bieffekt. For å motvirke visse typer angrep

¹ Tall i klammer viser til referanselisten på siste side i Del I.1



er det også viktig å sørge for et visst minimumsinnhold av sement, og for riktig type sement.

Ved reparasjoner av skadet betong er det viktig å ha årsaker klart for seg, slik at de rette forholdsregler kan tas når det gjelder sementvalg, betongsammensetning og etterbehandling.

2.1 Uttørkingssvinn

Uttørkingssvinn viser seg ved

- Tilfeldige sprekker
- Krakelering
- Bom

Under og etter herdningen vil overskudd av porevann fordampe når forholdene ligger til rette for det. Uttørkingen fører til volumreduksjon, svinn, i sementlimet, og det oppstår strekkrefter. Betongen kan/vil risse opp, spesielt hvis svinn oppstår før betongen har nådd tilstrekkelig fasthet, og hvis deler av konstruksjonen er forhindret fra å bevege seg.

Uttørret betong vil svelle hvis den igjen blir våt/fuktig. Betong som er konstant fuktig vil ikke ha uttørkingssvinn.

Det kan være vanskelig å skille mellom riss fra uttørkingssvinn og fra temperaturkrefter.

2.2 Plastisk svinn

Plastisk svinn kan vise seg som

- Riss langs armering
- Tilfeldige riss
- Krakelering

I motsetning til uttørkingssvinn foregår plastisk svinn i den ferske betongen. Det skjer ved betong som er så seig og tett at vann som fordamper fra overflaten ikke erstattes av vann som trekkes opp fra underliggende betong. Resultatet er at den ferske betongen sprekker i overflaten. Problemet er særlig uttalt ved silikabetong, og er en av grunnene til at slik betong må beskyttes særskilt mot uttørring i fersk tilstand.

2.3 Plastisk setning

Plastisk setning viser seg gjerne ved riss langs armering, som følge av at betongen setter seg og blir hengende på armeringen. Årsak kan være manglende kompaktering i kombinasjon med feil konsistens på



betongen. Slike setninger kan skape lekkasjeveier langs armering eller innstøpt gods.

2.4 Armeringskorrosjon

Tegn på at korrosjon foregår eller kan foregå er:

- Direkte blottlagt armering
- Avskalling - spesielt langs armeringsjern
- Bom
- Delaminering
- Riss med utfelling
- Rustutfelling på overflaten

(Humusholdig vann vil også farge betongen brun. Fargen vil imidlertid ligge jevnt på alle flater som jevnlig settes under vann, mens rustutfelling opptrer på avgrensede områder.)

Korrosjonsproduktet rust har ca. 10 ganger større volum enn stålet. Når rusten utvikler seg oppstår derfor et indre trykk som fører til oppsprekking i eller avskalling av betongen som omgir armeringen.

Fersk betong virker som rustbeskytter fordi sementlimet er sterkt basisk (alkalisk), med pH-verdi ca 12,5. Det dannes et beskyttende/passiverende sjikt på stålets overflate. Uavhengige forutsetninger for at stålet skal begynne å ruste er:

- Betongen mister sin rustbeskyttende evne. (Se karbonatisering, nedenfor) Hvis det er passende tilgang på fukt og oksygen, vil korrosjon starte over de områder der rustbeskyttelsen er tapt
- Tilgang på klorider. (Se klorider nedenfor) Klorider som trenger inn til stålet vil bryte igjennom det passiverende sjikt og korrosjon kan starte dersom det er tilgang på fukt og oksygen

Vesentlig for å hindre korrosjon er:

- Tett betong
- Tilstrekkelig overdekning til armeringen

Karbonatisering - tap av betongens rustbeskyttende evne

Det er den ferske betongens innhold av kalsiumhydroksyd (Ca(OH)_2), som gir rustbeskyttelse gjennom den høye pH-verdien. Rustbeskyttelsen går tapt hvis pH synker under 10. Dette kan skje ved en prosess som kalles karbonatisering. Det er en kjemisk reaksjon mellom luftens karbondioksyd (CO_2) og betongens kalsiumhydroksyd som resulterer i at det dannes kalsiumkarbonat (CaCO_3). Innholdet av kalsiumhydroksyd synker, og pH reduseres til ca 9. Prosessen starter ved overflaten og vil etter en tid nå inn til armeringen. Dersom det er tilstrekkelig fuktighet og tilgang på oksygen, vil armeringen korrodere. Korrosjon som stammer fra karbonatisering vil ofte skje over større områder og resultere i riss langs armering og avskalling av betong.



Klorider som årsak til korrosjon

Når kloridinnholdet i betongen blir for høyt, vil stålets passiverende film ødelegges og stålet begynner å ruste om det er fuktighet tilstede. Kloridnivået kan være for høyt som en følge av klorider innblandet i betongen, (akselleratorer, sjøvann) eller fordi salter trenger inn i den ferdige betongkonstruksjonen fra overflaten. Dette kan være sjøvann eller tinesalter. Faregrensen for klorider angis som Cl-ioner i prosent av sementvekt og det vil typisk kunne være en grense for kloridinnhold ved fra 0,4 % til 2,0 %, der verdier under 0,4 ikke vil resultere i skade mens verdier over 2,0 så godt som alltid vil gi skade.

Korrosjon startet av klorider kan ofte gi lokal groptæring som ikke følges av avskalling. Dette kan gi svekkelse av bæreevnen uten at det synes på overflaten.

Initieringsfase - korrosjonsfase

Tiden det tar for karbonatiseringen eller kloridene å nå inn til armeringen, slik at korrosjon kan starte, kalles initieringsfasen. Det er om å gjøre at initieringsfasen blir så lang som mulig, alternativt at den blir så lang som forutsatt ved prosjekteringen, eksempelvis 60 år eller 100 år. Det som i størst grad påvirker lengden av initieringsfasen er

- Tettheten av betongen
- Tykkelse på overdekning
- Miljø (tilgang på karbondioksyd og/eller klorider)

Betongens tetthet påvirkes mest av betongens masseforhold som bør være så lavt som praktisk mulig. Forholdene nevnt ovenfor ligger til grunn for kravene i standarder og forskrifter vedr. masseforhold og overdekning som følge av miljøklasse.

Sprekker og riss

I praksis vil sprekker og riss som oppstår av forskjellige årsaker (plastisk svinn, uttørkingssvinn, temperatursprekker, bøyesprekker) kunne være en like viktig årsak til korrosjon som mangler ved betongkvaliteten.

Følger av armeringskorrosjon

Skader som oppstår ved armeringskorrosjon vil være en reduksjon av tverrsnittet på armeringen og dermed svekkelse av bæreevnen. Også armeringens samvirke med betongen vil svekkes gjennom avskalling av betongen i overdekningssjiktet. Denne siste skadetypen kan være vel så alvorlig for bæreevnen som en reduksjon i armeringstverrsnittet. Manglende innfesting av armeringen kan gi sprøbrudd (plutselig sammenbrudd) og ved inspeksjon av konstruksjoner med armeringskorrosjon må faren for heftbrudd undersøkes meget nøye. Selv uten korrosjon på armeringen vil armering som ligger med liten eller ingen overdekning ha mindre heft (dårligere innfesting i betongen enn forutsatt) og konstruksjonens bæreevne vil være svekket.



Ved god betong vil det ved de normale miljøpåkjenninger som norske dammer utsettes for være lite armeringskorrosjon. Der det likevel observeres korrosjon er dette som oftest forbundet med svært dårlig betong og/eller feilaktig liten overdekning.

2.5 Frostsprengning

Frostsprengning kan vise seg ved:

- Avskallinger
- Oppsmuldring/forvitring
- Tilfeldige sprekker
- Krakelering
- Overflateslitasje/groper

Frostsprengning oppstår som følge av indre spenninger i betongen når porevannet fryser.

Vanlig frostsprengning kan først oppetre som en krakelering for deretter i å kunne utvikle seg til forvitring og oppsmuldring. Krakelering oppstått under utførelsen kan være utgangspunkt for frostsprengning. Riss i et krakelermønster som utsettes for frostsprengning vil utvides over tid.



Frostsprengning motvirkes av:

- Luftporer i betongen i riktig mengde og størrelse
- Tett betong - det vil si betong med lavt masseforhold/høy fasthet.
For betong med meget høy fasthet/tetthet synes krav til luftinnhold å være mindre viktig

Bakenforliggende årsaker til frostsprengning er for dårlig betong, feil spesifisert, feil utført eller begge deler.

2.6 Frysing i fersk tilstand

Betong som fryser i fersk tilstand vil bli ødelagt. Islinser dannes i sementlimet, og fasthet vil ikke bli utviklet.

2.7 Alkalireaksjoner

Alkalireaksjoner viser seg som:

- Mørke, fuktige riss. eventuelt med utfelling av gelmasse
- Krakelering, eventuelt med utfelling av gelmasse
- Deformasjoner/ekspansjon
- Oppsmuldring



Alkalireaksjoner er reaksjoner mellom alkalier i sementen (betongen) og spesielle reaktive mineraler i tilslaget. Ved reaksjonen dannes et gel som gir volumutvidelse og indre spenninger i betongen. Dette fører til oppsprekking og senere nedbryting av betongen. Reaksjonen krever minst 80% fuktighet samt alkalier og reaktivt tilslag. Den går raskere på partier som varmes av solen.

En kombinasjon av krakelering, oppsprekking og utfelling av gel er det som normalt kjennetegner alkalireaksjoner. Reaktivt tilslag i Norge er av typer som reagerer forholdsvis langsomt, og krakelermønstre viser seg på overflaten lenge (10 - 20 år) etter at konstruksjonen ble støpt. Enkelte steder i utlandet har man imidlertid tilslag hvor reaksjonene viser seg raskt etter utstøping. Mønsteret viser seg først på områder av konstruksjonen som vender mot sør og som utsettes for soloppvarming. Langs rissene legger det seg gjerne en gelsubstans som tørker og gir et inntrykk av at betongen er fuktig. Gelutfelling er et typisk symptom på at riss og krakelering skyldes alkalireaksjoner og ikke andre ting.

For enkelte større konstruksjoner kan deformasjoner fra volumutvidelse være det første tegn på at en alkalireaksjon finner sted. Dette vises ved at f.eks. svinnfuger klemmes sammen, eller ved at kronen på hvelvdammer deformeres permanent mot vannsiden.

For at reaksjonen skal komme igang kreves

- Tilstrekkelig mengde alkalier
- Reaktivt tilslag
- Fuktighet i betongen på minst 80%

Når betongen først er støpt er det ikke noe å gjøre med hverken alkalier eller reaktivt tilslag, og for dammer er det også lite som kan gjøres med fuktigheten. Betong som står ubeskyttet utendørs får en fuktighet som gir reaksjoner, mens betong inne i oppvarmede rom normalt vil tørke ut slik at reaksjonene ikke kommer igang.

Alkalireaksjon er en skadetype som er under stadig utvikling i negativ retning når den først er kommet igang. Det vil derfor være riktig med en strengere bedømming av riss/krakelering fra alkalireaksjoner enn fra andre årsaker.

Hvor lenge reaksjonen pågår avhenger av forholdene. I enkelte tilfelle vil det etter en del år kunne påvises at reaksjonen er stoppet eller brent ut, men det er vanskelig å fastslå når dette skjer.

2.8 Utluting - kalkutfelling

Utluting/kalkutfelling viser seg som oppbygging av kalsiumkarbonat på luftsiden av en betongkonstruksjon med lekkasje.



Kalkfattig vann som lekker gjennom betong vil løse opp noe av kalken i bindemiddelet. Når dette vannet når nedstrøms side og kommer i kontakt med luft, reagerer den oppløste kalken med luftens CO_2 og danner kalsiumkarbonat. Disse kalkutslagene kan med årene bli relativt omfattende og dekke store deler av nedstrøms flate. Dersom det i rissene finnes armering eller annet jern som rustet, farges ofte utslaget brunt. For betong med masseforhold under 0,6, vil dette ikke medføre en merkbar svekkelse av konstruksjonen. For eldre betongkonstruksjoner produsert med masseforhold vesentlig over 0,6 kan betongen være så porøs at utvaskingen skjer i et slikt omfang at det kan gå ut over materialegenskapene. I såfall bør tiltak vurderes for å tette/minske lekkasjen. Ved store lekkasjer kan det foregå en utvasking fra kalk av betongen uten at det avsettes noe på betongens nedstrøms flate, fordi vannet passerer så raskt at det ikke får den nødvendige tid til å reagere med luftens CO_2 på betongflaten.

2.9 Sulfatangrep

Sulfatangrep kan vise seg som opprissing/krakelering som senere går over til en oppsmuldring av betongen.

Sulfater (visse svovelforbindelser) reagerer med aluminater i sementen og danner stoffer som ekspanderer og sprenger betongen i stykker. Sulfater kan finnes i grunnvannet og i visse bergarter, for eksempel alunskifer. For moderate innhold av sulfater er det tilstrekkelig å bruke masseforhold lavere enn 0,5 og rikelig med sement, for sterkere angrep brukes sulfatresistent sement og masseforhold lavere enn 0,45.

2.10 Syreangrep

Syrer angriper og oppløser sementlimet, og viser seg ved oppsmuldring/forvitring av betongen. Syregraden måles ved pH-verdien. Angrep fra surt vann som forekommer i praksis, ned til pH 4,5 – 4,0, kan som regel forebygges ved bruk av lavt masseforhold og høyt sementinnhold. For sterkere syrer vil det være nødvendig å bruke særlige membraner som hindrer kontakt med betongen.

2.11 Saltangrep (tinesalter)

Angrep fra salter viser seg ved

- Avskalling
- Groptæring
- Rustutfelling

Buk av tinesalter til å fjerne snø og is forsterker fryse/tineproblemet for betong, og kan føre til øket groptæring og avskalling i overflaten.



Bruk av høykvalitetsbetong med lufttilsetning vil redusere problemet. Mer alvorlig er at saltene fremmer korrosjon av armeringen. Salting av broer eller andre armerte konstruksjoner bør derfor unngås.

2.12 Temperaturbelastning

Konstruksjoner som i løpet av levetiden blir utsatt for store temperaturvariasjoner, vil stadig utvide seg og trekke seg sammen. Dette kan føre til opprissing og sprekker. For massive konstruksjoner kan temperaturforskjellene mellom overflaten og det indre av betongen bli store, noe som kan føre til overflatesprekker.

2.13 Temperatur i herdnende betong

Virkning av temperaturkrefter i herdnende betong viser seg som

- Gjennomgående sprekker
- Tilfeldige riss/sprekker
- Krakelering

Herdnende betong utvikler varme, og en masse som varmes opp vil utvide seg. Når betongen igjen avkjøles, vil den trekke seg sammen, og sprekker oppstår der sammentrekking hindres. Spesielt utsatt er massive, grove konstruksjoner slik som gravitasjonsdammer og grove pilarer. Temperaturforskjellen mellom betongoverflaten og det indre av betongen kan bli betydelig for slike konstruksjoner, noe som kan føre til sterke strekkspenninger og oppsprekking på overflaten. Sprekkene kan også bli gjennomgående der hvor konstruksjoner er hindret mot å trekke seg sammen – eksempler er støttemurer og pilarer støpt mot fjell eller fastholdt av andre konstruksjoner.

Man vil i praksis søke å minske varmeutviklingen på forskjellige måter – ved å spare på sementen, ved å bruke sement som utvikler lite varme, og ved kjølesystemer.

I praksis kan det være vanskelig å skille mellom sprekker fra temperaturbelastning og fra uttørkingssvinn. Begge typer sprekker skyldes at en sammentrekning blir hindret.

2.14 Kavitasjon

Dette er et fenomen som kan opptre i strømmende vann med høye hastigheter, 10-15 m/sek og mer. Under visse forhold kan det oppstå undertrykk/vakuum i vannstrømmen, og det dannes dampblærer. Disse blærene klapper så brått sammen når trykket igjen øker. Dette forårsaker sjokkbølger som i styrke kan sammenliknes med slag fra en hammer mot betongoverflaten. Det dannes kavitasjonsgroper i overflaten. Fenomenet kan opptre både i lukkede strømningsstverrsnitt og



ved fri strømming når det opptrer ujevnheter i overflaten som påvirker de lokale trykkforholdene i vannstrømmen. Eksempler er lukeføringer, brå tverrsnittsendringer ved lukeutløp, markerte sprang/overganger/ ujevnheter i konstruksjonen. I verste fall kan kavitasjon føre til meget omfattende erosjonsskader.

Større hastighet medfører at fenomenet opptrer ved stadig mindre ujevnheter. Det skadde parti ligger like nedstrøms den ujevnheter som var årsak til skaden. Skader som skyldes kavitasjon kan utvikle seg svært hurtig og en skade vil ofte gi ujevnheter som fører til ny og kraftigere skade.

En kavitasjonsskade viser seg som en frilegging av grove tilslagskorn i det mørtelmassen tæres bort. Langt kommet skade vil utgjøre groper i konstruksjonen og i alvorlige tilfeller kan store deler av konstruksjonen tæres bort i løpet av bare en flomsesong. I en tidlig fase av en kavitasjonsskade vil den se ut som en slitasje konsentrert på en liten del av en flate like opptil den ujevnheter som er årsak til kavitasjonen. Den ujevnheter skaden representerer, vil så avhengig av tid bli årsak til en ny kavitasjonsskade like nedstrøms den første. Av dette vil det kunne observeres en serie skader etter hverandre.

2.15 Erosjon av rennende vann/partikler

Viser seg som generell slitasje, groper, utvasking av overflaten.

Stammer fra den nedbrytende effekten av rennende/fallende vann generelt, forsterket av eventuelle sandpartikler i vannet.

2.16 Utstøpingsskader

Utsøpingsskader viser seg ved

- Steinreir
- Støpeskjøter hvor lagene ikke er arbeidet sammen
- Grater
- Formavvik p.g.a. deformasjon i forskalingen

Skadene skyldes ofte:

- Mangelfull bearbeiding av betongen
- Overdreven bearbeiding, med separasjon og vannutskillelse som resultat
- Betongen faller fra for stor høyde og separerer
- Feil betongkonsistens
- Feil ved forskalingen



2.17 Overbelastning/Underdimensjonering

Overbelastning viser seg ved

- Unormale nedbøyninger/forskyvninger
- Sprekker – Bøyesprekker eller skjærsprekker
- Avskalling/knusning, på grunn av høy belastning nær opplegg.
- Åpning/lukking med knusning av fuger

Slike skader kan skyldes

- Feil beregningsforutsetninger, underdimensjonering
- Feil/uheldig armeringsføring
- Setninger
- Ekspansjoner i betongen – alkalireaksjoner.

Forskyvninger omfatter utbøyninger, nedbøyninger og volumendringer som kan betraktes som permanente. Vanlige elastiske deformasjoner antas å være en normal del av en konstruksjons oppførsel og må ikke betraktes som et symptom på skade. Der forskyvninger måles så nøyaktig at vanlige elastiske forskyvninger blir registrert må disse på forhånd beregnes og inngå i måleprogrammet. Forskyvninger registreres gjennom målinger der det er etablert et måleprogram eller der forskyvningene er så store at de blir synlige for det blotte øye uten bruk av måleinstrumenter. Forskyvninger vil i stor grad bli registrert som en årsak til sprekker eller riss samt i noen tilfeller som knusing.

De volumendringer som oppstår i forbindelse med alkalireaksjoner kan påføre konstruksjonen, hovedkonstruksjonen eller eventuelle bikonstruksjoner store tilleggskrefter. Dette fordi det i de fleste tilfeller ikke er gitt konstruktivt rom for utvidelsene og når utvidelsen hindres oppstår tilleggsspenninger. Disse kan være betydelige og gi årsak til overbelastning, med forskyvninger og oppsprekking som resultat. Observeres slike forhold må hele konstruksjonen kontrolleres beregningsmessig. Dette kan trolig best gjøres i forbindelse med en revurdering.

Svikt i fundament på grunn av setninger er en skadetype som normalt bare forekommer ved fundament på løsmasser. Enkelte mindre dammer kan være fundamentert på løsmasse og da vil en setninger være en viktig indikasjon på forandringer i fundamentet og mulig skade. I sjeldne tilfeller kan også fjellfundamenter sette seg litt. I et fjellfundament kan en fundamenteheving være en indikasjon på forhøyet grunnvannstrykk eller oppdrift. Dette kan være en situasjon som kan medføre en sikkerhetsrisiko.

Overbelastning kan gi varige deformasjoner av konstruksjonen. Overbelastning vil normalt kunne oppstå i forbindelse med ekstrem flom eller forhold som gir ekstremt istrykk. Dersom en konstruksjon er feil dimensjonert eller feil bygget kan overbelastning oppstå også ved normal belastning.



Overbelastning som følge av ekstrem flom kan forekomme på overløpskroner hvor damprofilet ikke er riktig tilpasset den aktuelle flomvannstand og hvor det danner seg undertrykk mellom dam og vannstråle. Det kan også, spesielt for små dammer, bli betydelige ekstralaster på grunn av høyere flomvannstand enn det dammen er dimensjonert for. I slike tilfeller vil både horisontallasten og oppdriften være påvirket. Spesielt kan dammens sikkerhet være i fare hvis det er ugunstige drenasjeforhold i dammen. Forhold som nevnt ovenfor kan resultere i at enkelte damseksjoner forskyves i forhold til andre.

Overbelastning som følge av istrykk oppstår på spesielle tidspunkt av året. Istrykk har normalt vært regnet til ca. 50-100 kN/m, men det er målt istrykk vesentlig høyere opp mot 300 kN/m. Utsettes en konstruksjon for en så stor overbelastning vil det kunne oppstå skade, eventuelt brudd. En liten forskyvning vil imidlertid medføre at istrykket overføres til andre deler av dammen eller direkte til omliggende terreng. Den totale forskyvning vil dermed kunne bli liten et enkelt år, men over flere år kan den bli merkbar. Har man indikasjoner på at slik forskyvning finner sted, bør det installeres målebolter for kontrollmålinger. Overbelastninger av denne type kan resultere i enten glidning eller rotasjon av dammen. Er overbelastningen rotasjon, kan den gå tilbake når trykket letter mens en glidning vil være en permanent deformasjon. En rotasjon vil åpne for større oppdrift og kan gjøre dammen ustabil.





3. VEILEDNING I TILSTANDSBEDØMMELSE FOR VISSE SKADETYPER.

Ved bedømmelsen av en observasjon tas det hensyn til:

Utviklingen av skaden på lokalt nivå: Er den i en begynnende fase eller langt fremskredet.

Utbredelsen av skaden i forhold til den bygningsdel den opptrer på:
Er skaden svært lokal eller dekker den et større område på bygningsdelen

Årsaken til skaden: Er det en normal aldringsprosess eller foreteelse, eller skyldes den en prosess som krever mer oppmerksomhet.

I prinsippet kan dette illustreres ved det generelle skjema:

Omfang på den bygningsdel som vurderes	Utvikling av skaden lokalt	
	Langt utviklet skade	Lite utviklet skade
Stor utbredelse	3	2-3 *
Liten utbredelse	2-3 *	1-2 *

**Skadens årsak kan gi bidrag til klassifiseringen*

Nedenfor er gitt veiledende skjemaer for tilstandsbedømmelse for en del skadetyper.

3.1 Tilstandsgrad for riss i mønster fordelt over betongoverflaten.

Utbredelse. Andel av den konstruksjonsdel som omtales.	Overvekt av riss/sprekker større enn 0,5 mm	Overvekt av riss mellom 0,2 mm og 0,5 mm	Overvekt av riss under 0,2 mm
Stor utbredelse. På mer enn 75 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2
Middels utbredelse. På mellom 25 % og 75 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 1
Liten utbredelse. På mindre enn 25 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2-1	Tilstandsgrad 1-0



3.2 Enkeltriss

Anmerkning	Riss/sprekker større enn 0,5 mm	Riss mellom 0,2 mm og 0,5 mm	Riss under 0,2 mm
Riss som krysser hele konstruksjonsdelen og er gjennomgående.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 1
Riss som krysser del av konstruksjonen og som krysser armering med noe redusert rissvidde.	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 1
Riss som kun berører en liten del av konstruksjonen og der rissvidden reduseres betydelig i overdekningen. Risset er ikke gjennomgående.	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2-1	Tilstandsgrad 1-0

3.3 Tilstandsgrad for krakelering

Utbredelse. Andel av den konstruksjonsdel som omtales.	Overvekt av riss/sprekker større enn 0,5 mm	Overvekt av riss mellom 0,2 mm og 0,5 mm	Overvekt av riss under 0,2 mm
Stor utbredelse. På mer enn 75 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2
Middels utbredelse. På mellom 25 % og 75 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 1
Liten utbredelse. På mindre enn 25% av overflaten.	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2-1	Tilstandsgrad 1-0

Krakelering som oppstår i anleggstiden og senere ikke øker i omfang, er normalt mindre farlige enn de som utvikler seg etter en tid.



3.4 Tilstandsgrad for lekkasje og utfelling av kalk og rust

Utbredelse. Andel av den konstruksjonsdel som omtales.	Store og tykke lag kalkutfellinger som vokser, lekkasje i selve betongen, rustutfelling på kalken	Tynne lag med kalk, lekkasje i enkeltriss eller støpeskjøter, kalkutfellingen vokser langsomt, rustutfelling på enkelte steder.	Filmtynt lag av kalk sporadisk lekkasje med ingen eller svært begrenset rustfarging.
Stor utbredelse. På mer enn 75 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2
Middels utbredelse. På mellom 25 % og 75 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 1
Liten utbredelse. På mindre enn 25 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2-1	Tilstandsgrad 1-0

Dersom det lekker i riss/sprekker eller støpeskjøter må risset også vurderes. En samlet vurdering av riss og lekkasje kan da bli strengere enn det tabellene viser enkeltvis.

3.5 Tilstandsgrad for erosjon - slitasje

Utbredelse. Andel av den konstruksjonsdel som omtales.	Dype groper i betongen, mye av overdekningssjiktet er borte og det kan være stor fare for armeringskorrosjon.	Tilslagskorn faller ut av betongen og det er målbar reduksjon av overdekningssjiktet, ingen umiddelbar fare for armeringskorrosjon.	Liten tendens til at større tilslagskorn løsner og faller ut av betongen.
Stor utbredelse. På mer enn 75 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2
Middels utbredelse. På mellom 25 % og 75 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 1
Liten utbredelse. På mindre enn 25 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2-1	Tilstandsgrad 1-0



3.6 Tilstandsgrad for kavitasjon

Anmerkninger.	Dype groper i betongen, mye av overdekningssjiktet er borte og det kan være stor fare for armeringskorrosjon.	Tilslagskorn faller ut av betongen og det er målbar reduksjon av overdekningssjiktet, ingen umiddelbar fare for armeringskorrosjon.	Liten tendens til at større tilslagskorn løsner og faller ut av betongen.
Utviklet etter kort tids påkjenning.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 3-2
Utviklet etter flere sesongers påkjenning.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2
Utviklet etter mange sesongers påkjenninger.	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 2-1

3.7 Tilstandsgrad for armeringskorrosjon

Utbredelse. Andel av den konstruksjonsdel som omtales.	Partier med blottlagt armering og partier med bomlyd. All armering ligger med samme overdekning.	Partier med bomlyd og rustfarging. En større del av armeringen ligger med mindre overdekning enn resten av armeringen.	Små partier med bom, rustfarging på enkelte flater. Dette gjelder stort sett enkelte stenger som ligger med mindre overdekning enn resten.
Stor utbredelse. På mer enn 75 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2
Middels utbredelse. På mellom 25 % og 75 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 1
Liten utbredelse. På mindre enn 25% av overflaten.	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 1



3.8 Tilstandsgrad for avskalling/bom

Utbredelse. Andel av den konstruksjonsdel som omtales.	Partier med blottlagt armering og partier med bomlyd. All armering ligger med samme overdekning.	Partier med bomlyd og rustfarging. En større del av armeringen ligger med mindre overdekning enn resten av armeringen.	Små partier med bom, rustfarging på enkelte flater. Dette gjelder stort sett enkelte stenger som ligger med mindre overdekning enn resten.
Stor utbredelse. På mer enn 75 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2
Middels utbredelse. På mellom 25 % og 75 % av overflaten.	Tilstandsgrad 3	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 1-2
Liten utbredelse. På mindre enn 25% av overflaten.	Tilstandsgrad 3-2	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 1

3.9 Tilstandsgrad for forskyvninger

For denne type symptom er det ikke mulig å definere tilstandsgrader. Når det er registrert at en konstruksjon utsettes for krefter som medfører varige forskyvninger, alternativt at det skjer deformasjoner i fundamentet, må det foretas en grundig gjennomgang av konstruksjonen for å påvise om de observerte forhold har betydning for dammens sikkerhet. Det kan ikke sies generelt at en liten deformasjon er mindre farlig enn en større deformasjon.

Dersom overbelastningen fører til riss eller sprekker i en armert bærende konstruksjon (plate i en platedam) angis tilstandsgrad for riss og sprekker som vist under avsnittet om riss og sprekker. Dersom overbelastningen fører til skjevheter i konstruksjonen, forskyvninger i fuger etc. må det gjøres en vurdering skaden slik det er beskrevet senere under vurdering av tiltaksgrad.



4. Skadetyper - Illustrasjoner

4.1 Avskalling / bom / delaminering

Damtype:

Betongdam / massivdam

Skader/Symptomer. Sted:

Avskalling, overløpskrone

Årsaker:

Frostsprenkning

Tilstandsgrad:

1

Dam:

Dajavatn

Anlegg:

Fagerli Kraftverk

Eier:

Salten Kraftsamband



Kommentarer:

Avskalling av stykke betong på damkrona ved fuge.

Damtype:

Betongdam / massivdam

Skader/Symptomer. Sted:

Avskalling, overløp

Årsaker:

Frostsprenkning, dårlig betong

Tilstandsgrad:

3 (lokalt)

Dam:

Bergsjø

Anlegg:

Eier:

Oslo Lysverker





Damtype:

Betongdam/ massivdam

Skader/Symptomer. Sted:

Forvitring, avskalling damkrone.

Årsaker:

Frostsprenkning. Dårlig betong

Tilstandsgrad:

2

Dam:

Mangevatn

Anlegg:

Oldereid Kraftverk

Eier:

Salten Kraftsamband - SKS



Damtype:

Betongdam

Skader/Symptomer. Sted:

Avskalling, groper i overløpskrone.

Årsaker:

Frostsprenkning, dårlig betong

Tilstandsgrad:

3

Dam:

Veltmanåa

Anlegg:

Eier:

Vestre Toten Kommune



Damtype:
Betongdam

Skader/Symptomer. Sted:
Sprekker, sår, avskalling på
plate, vannside.

Årsaker:
Frostsprengning, dårlig be-
tong

Tilstandsgrad:
3

Dam:
Veltmanåa

Anlegg:

Eier:
Vestre Toten
Kommune





4.2 Sprekker, riss og utfellinger



Kommentarer:

Horisontal støpeskjøt i pilaren har åpnet seg. Sannsynlig årsak er temperaturkrefter i platen som er støpt sammen med pilaren. Skaden har svekket pilarens evne til å oppta horisontale krafter, særlig istrykk.

Damtype:
Platedam

Skader/Symptomer. Sted:
Horisontal sprekk i støpeskjøt i pilar (gjennomgående?)

Årsaker:
Temperaturkrefter

Tilstandsgrad:
3

Dam:
Kvittingsvatnet

Anlegg:

Eier:
Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap (BKK)



Kommentarer:

Pilaroverflaten har krakelering, parallelle sprekker/ riss og tilfeldige riss med kalkutslag. Sprekkene ble injisert med epoksy, men åpnet seg igjen etter tid.

Damtype:
Betongdam, lukedam

Skader/Symptomer. Sted:
Sprekker, riss, krakelering og utfelling på lukepilar

Årsaker:
Alkalirekajon

Tilstandsgrad:
3

Dam:
Dale

Anlegg:

Eier:
Hydro Energi



Damtype:

Betongdam, lukdam

Skader/Symptomer. Sted:

Vertikal og horisontal sprekk på lukepilar.

Årsaker:

Alkalireaksjon

Tilstandsgrad:

3

Dam:

Dale

Anlegg:

Eier:

Hydro Energi



Kommentarer:

Se forrige tilfelle.

Damtype:

Betongdam, lukedam

Skader/Symptomer. Sted:

Vertikal sprekk i lukepilar.

Årsaker:

Svinn/ overbelastning/
alkalireaksjoner?

Tilstandsgrad:

3

Dam:

Dale

Anlegg:

Eier:

Hydro Energi



Kommentarer:

Vertikal gjennomgående sprekk på tvers av pilar ned strøms lukehus.



Damtype:
Massivdam

Skader/Symptomer. Sted:
Langsgående sprekk i overløpskrone.

Årsaker:
Alkalireksjon, ekspansjon.

Tilstandsgrad:
3

Dam:
Kovatn

Anlegg:
Hjartdøla Kraftverk

Eier:
Skiensfjordens Komm.
Kraftselskap
- SKK Energi



Damtype:
Massivdam

Skader/Symptomer. Sted:
Langsgående sprekk i overløpskrone.

Årsaker:
Alkalireaksjon, ekspansjon.

Tilstandsgrad:
3

Dam:
Kovatn

Anlegg:
Hjartdøla Kraftverk

Eier:
Skiensfjordens Komm.
Kraftselskap - SKK Energi



Damtype:
Massivdam

Skader/Symptomer. Sted:
Langsgående sprekker på luftside.

Årsaker:
Alkalireaksjoner,
ekspansjon/ utførelsesfeil

Tilstandsgrad:
2-3

Dam:
Kovatn

Anlegg:
Hjartdøla Kraftverk

Eier:
Skiensfjordens Komm.
Kraftselskap - SKK Energi



Damtype:
Betongdam, massivdam

Skader/Symptomer. Sted:
Krakelering, mørke riss på veibropilar

Årsaker:
Alkalireaksjon.

Tilstandsgrad:
3

Dam:
Balvatnet

Anlegg:
Daja Kraftverk

Eier:
Salten Kraftsamband SKS



Kommentarer:
Pilarens sideflate har krakelering med mørke riss.
Typisk for alkalireaksjoner. Ingen utvikling side 1985.

**Kommentarer:**

Forsøkt forseglet og injisert uten vellykket resultat.

Damtype:

Massivdam med overløp

Skader/Symptomer. Sted:

Horisontale/ skrå sprekker.
Avskalling, kalkutslag og
rustutfelling på luftside.

Årsaker:

Alkalireaksjoner, frost-
sprengning, dårlig betong og
utførelsesfeil.

Tilstandsgrad:

2

Dam:

Bløyttjern

Anlegg:**Eier:**

Foreningen til Bægna-vass-

**Damtype:**

Massivdam

Skader/Symptomer. Sted:

Krakelering, mørke riss.

Årsaker:

Dårlig betong, alkalireaksjon

Tilstandsgrad:

2

Dam:

Bløyttjern

Anlegg:**Eier:**

Foreningen til Bægna-vass-
dragets Regulering - FBR



Damtype:

Skader/Symptomer. Sted:
Krakelering, mørke fuktige riss på brystning.

Årsaker:
Alkalireaksjon.

Tilstandsgrad:
2

Dam:
Kovatn

Anlegg:
Hjartdøla Kraftverk

Eier:
Skiensfjorden Komm.
Kraftselskap - SKK Energi



Damtype:

Skader/Symptomer. Sted:
Krakelering, mørke fuktige riss på pilar.

Årsaker:
Alkalireaksjon.

Tilstandsgrad:
2

Dam:
Kovatn

Anlegg:
Hjartdøla Kraftverk

Eier:
Skiensfjorden Komm.
Kraftselskap - SKK Energi





Damtype:
Platedam

Skader/Symptomer. Sted:
Krakelering, mørke fuktige riss, kalkutslag på pilar.

Årsaker:
Alkalireaksjon.

Tilstandsgrad:
2

Dam:
Kovatn

Anlegg:
Hjartdøla Kraftverk

Eier:
Skiersfjorden Komm.
Kraftselskap - SKK Energi



Damtype:

Betongdam, platedam

Skader/Symptomer. Sted:

Kalkutslag og rustutfelling på luftside.

Årsaker:

Utluting, lekkasje.

Tilstandsgrad:

2

Dam:

Mangevatn

Anlegg:

Oldereid Kraftverk

Eier:

Salten Kraftsamband - SKS



Damtype:

Betongdam, gravitasjonsdam

Skader/Symptomer. Sted:

Sprekker, forvitring, lekkasjer, kalk- og rustutfelling på luftside.

Årsaker:

Dårlig betong, utførelsesfeil, frostsprengning.

Tilstandsgrad:

2-3

Dam:

Østernvann

Anlegg:

Eier:

Bærum Kommune



**Kommentarer:**

Vertikal/ skrå sprekk fra damfot og oppover.
I nedre del er det en lekkasje med kalkutslag.

Damtype:

Betongdam, massivdam

Skader/Symptomer. Sted:

Sprekk med lekkasje og kalkutslag på overløpets luftside

Årsaker:

Svinn og temperatur-bevegelse.

Tilstandsgrad:

1

Dam:

Dajavatn

Anlegg:**Eier:**

Salten Kraftsamband - SKS

**Damtype:**

Massivdam med overløp

Skader/Symptomer. Sted:

Horisontale sprekker med lekkasje og kalkutfelling på luftside

Årsaker:

Dårlig betong og utførelsesfeil

Tilstandsgrad:

2

Dam:

Olevatn

Anlegg:**Eier:**

Foreningen til Bægnavassdragets regulering - FBR



4.3 Forvitring/ erosjon

Damtype:

Lukedam

Skader/Symptomer. Sted:

Overflateforvitring på luketerskel 2

Årsaker:

Frostsprenkning og rennende vann.

Tilstandsgrad:

2

Dam:

Bingsfoss

Anlegg:

Eier

Akershus Kraft



Damtype:

Lukedam

Skader/Symptomer. Sted:

Overflateforvitring på luketerskel 4

Årsaker:

Frostsprenkning og rennende vann.

Tilstandsgrad:

1

Dam:

Bingsfoss

Anlegg:

Eier:

Akershus Kraft





Damtype:
Lukedam

Skader/Symptomer. Sted:
Overflateforvitring på
luketerskel

Årsaker:
Frostsprenkning og
rennende vann.

Tilstandsgrad:
1

Dam:
Rånåsfoss

Anlegg:

Eier:
Akershus Kraft



Damtype:
Lukedam

Skader/Symptomer. Sted:
Overflateforvitring på
luketerskel

Årsaker:
Frostsprenkning og
rennende vann.

Tilstandsgrad:
1

Dam:
Rånåsfoss

Anlegg:

Eier:
Akershus Kraft

**Damtype:**

Betongdam, platedam

Skader/Symptomer. Sted:

Avskalling. Avskalling over armering i fuger på vannsiden.

Årsaker:

Frostsprenkning

Tilstandsgrad:

3

Dam:

Falksjø

Anlegg:**Eier:**

Trondheim Energiverk - TEK AS

**Kommentarer:**

Avskalling av betong langs vertikal fuge, over fugebånd. Fra fugebånd mot vannside var det lagt en 10 mm asfaltimpregnert plate med en tynn fuge av asfaltmasse ytterst. Vann har trengt inn i fiberplata og frosset. Over tid har betongen ved fugen løsnet p.g.a. frostsprenkning.

Damtype:

Betongdam, platedam

Skader/Symptomer. Sted:

Avskalling. Avskalling over armering i fuger på vannsiden.

Årsaker:

Frostsprenkning

Tilstandsgrad:

3

Dam:

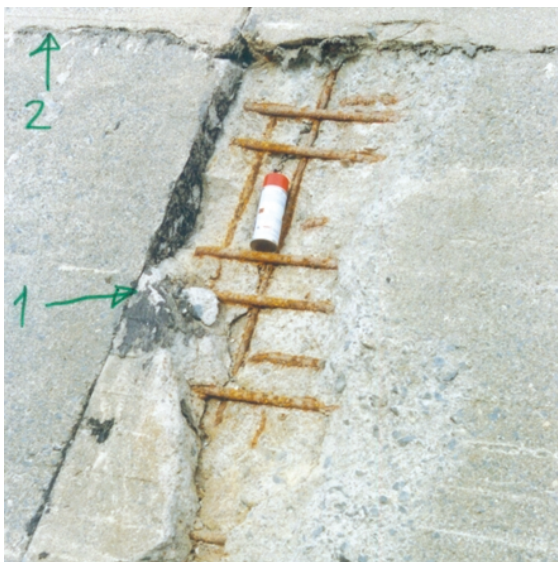
Falksjø

Anlegg:**Eier:**

Trondheim Energiverk - TEV Kraft

**Kommentarer:**

Se bildet over.

**Kommentarer:**

Betongen skaller av langs vertikale støpefuger i en bredde som tilsvarer bredden av ilagt tetningsblikk i fugen. Platen ble støpt over to sesonger, med en horisontal støpeskjøt. Skaden opptrer bare på nedre del av plata, under horisontal støpeskjøt. En teori var at plata ekspanderer p.g.a. alkalireaksjoner og fugemassen trykkes sammen. Alternativt vanninntrengning og frost i fuge, kombinert med for dårlig betongkvalitet/utførelse.

Damtype:

Betongdam, platedam

Skader/Symptomer, Sted:

Avskalling, avskalling langs jern og armerings-korrosjon på betongplate, vannside (i fuger).

Årsaker:

Frostsprengning, armerings-korrosjon, dårlig betong og dårlig utførelse (ekspansjon?).

Tilstandsgrad: 3**Dam:** Sylsjø**Anlegg:****Eier:**

Trondheim Energiverk - TEV Kraft

**Olevatn-03****Damtype:**

Fyllingsdam, oppstrøms betongtetting.

Skader/Symptomer. Sted:

Horisontale sprekker, utvasket betong, blottet armering.

Årsaker:

Dårlig betong, utførelsesfeil og frostskaider.

Tilstandsgrad:

3

Dam:

Olevatn

Anlegg:

Eier: Foreningen til Bægnavassdragets Regulering - FBR

**Damtype:**

Betongdam, platedam

Skader/Symptomer. Sted:

Sprekk, avskalling i bakkant av pilar.

Årsaker:

Utførelsesfeil, innstøpt treverk.

Tilstandsgrad:

2-3

Dam:

Skarsfoss

Anlegg:**Eier:**

Hydro Energi

**Kommentarer:**

Et bord ligger gjennomgående i pilaren. Et stykke av bakkant pilar er sprengt ut. Bordet ble boret ut, sprekken injisert og betongen overflatebehandlet.

Damtype:

Betongdam, platedam

Skader/Symptomer. Sted:

Avskalling, krakelering og mørke riss på topp overløp.

Årsaker:

Utførelsesfeil, innstøpt treverk, alkalireaksjon.

Tilstandsgrad:

2

Dam:

Skarsfoss

Anlegg:**Eier:**

Hydro Energi

**Kommentarer:**

Bildet viser kant på toppen av dammens sugeoverløp. En innstøpt bordbit har ført til utsprenget av betong. På vertikal flate sees også krakelering fra antatt alkalireaksjon. Betonghjørnet ble meislet av og påstøpt. Betongen ble gitt et overflatebelegg.



Damtype:
Betongdam

Skader/Symptomer. Sted:
Avskalling, steinreir i inntak.

Årsaker:
Støpefeil/ utførelsesfeil (innstøpt treverk)

Tilstandsgrad:
3

Dam:

Anlegg:
Tya Kraftverk

Eier:
TEK AS

Kommentarer:

Avskalling, erosjon på sidevanger i inntaket. Rester av treverk ligger igjen i sidevangen. Dårlig betong meislet. Sandblåsing og spyling, korrosjonsbehandling, heftbro og mørtel.