

HÅNDBOK

Tilstandsbeskrivelse for betong- og fyllingsdammer



Del II-2

Skadekatalog fyllingsdammer



Innhold

1.	Matrise som viser sammenheng mellom skadetype og årsaker	1
2.	Kort beskrivelse av skadeårsaker	2
2.1	Generelt	2
2.2	Manglende filterkvalitet	2
2.3	Spenningsomlagring	3
2.4	Separasjon under innbygging	3
2.5	Fundamentlekkasjer	4
2.6	Bølgeerosjon	4
2.7	Bølgeoverskylling	5
2.8	Iserosjon	6
2.9	Nedbør/flom	6
2.10	Lav materialkvalitet	6
2.11	For lite komprimeringsarbeid	6
2.12	Ensgraderte materialer	7
2.13	For høyt innbyggingstempo	7
2.14	Frost og teleskader	8
2.15	Damstedets topografi	9
2.16	Skråningshelninger	9
3.	Veiledning i tilstandsbedømmelse for visse skadetyper	10
3.1	Setningsskader	10
3.2	Ytre erosjon	11
3.3	Indre erosjon - lekkasjer	13
3.4	Utglidninger og grunnbrudd	15
3.5	Frost og teleskader	16
3.6	Tilgroing	17
4.	Skadetyper – illustrasjoner	18



SKADEKATALOG - FYLLINGSDAMMER

For mer detaljert informasjon vises til [12]¹ : «Sikkerhet ved fyllingsdammer. Skademekanismer. Undersøkelser og utbedringer.» Enfo publikasjon nr. 192-1997.

1. MATRISE SOM VISER SAMMENHENG MELLOM SKADETYPE OG ÅRSAKER

Årsak:	Indre Erosjon				Ytre erosjon				Material og innbyggingskvalitet						
	Manglende filterkvalitet	Spenningsomlagring	Separasjon under innbygging	Fundamentlekkasjer	Bølgeerosjon	Bølgeoverskylling	Iserosjon	Nedbør/flom	Lav materialkvalitet	For lite komprimeringsarbeid	Ensgarderte materialer	For høyt innbyggingstempo	Frost og teleskader	Damstedets topografi	Skråningshelninger
Skade/symptom															
A. Unormale lekkasjer:															
Lekkasjer m. blakket vann	•	•	•	•											
Lekkasjer, klart vann			•	•					•		•				
Oppbløtte partier				•											
B. Unormale setninger:															
Store setninger								•	•	•					•
Skjevsetninger										•	•	•	•		•
Differentialsetninger														•	
Innsynkninger	•		•	•	•									•	
Sig, utbulinger							•								•
Tverrgående sprekker														•	
Langsgående sprekker (på krone)									•	•					•
C.Ytre erosjon															
Skader, oppstr. skråningsvern					•		•						•		
Skader, damkrone/ nedstr. skr.						•		•					•		
Oppstrøms fundament					•										
Nedstrøms fundament				•				•							
Flomskader/ overtoppingsskader								•							

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



2. KORT BESKRIVELSE AV SKADEÅRSAKER

2.1 Generelt

De skadeårsaker som beskrives er hovedtypene på de årsaker som vi er kjent med.

Enkelte skademekanismer skjer i kombinasjon med andre og det behøver ikke være åpenbart hva som er hovedårsaken til en skade. Som eksempel kan spenningsomlagringer i en fyllingsdam medføre hydraulisk splitting med påfølgende indre erosjon og lekkasje. Spenningsomlagringen kan igjen skyldes damstedets topografi, dårlig materialkvalitet og/eller for lite (og i noen tilfeller for mye) komprimeringsarbeid.

Det er ofte ikke åpenbart hva den utløsende skadeårsaken er. Skadeårsakene kan derfor være komplekse. I det følgende har vi kun beskrevet hovedtypene.

2.2 Manglende filterkvalitet

Manglende filterkvalitet vises ved:

- Unormal stor lekkasje
- Blakket lekkasje (finstoff fra tetningskjernen)

Årsaken til lekkasjeskader og indre erosjon er for norske dammer ofte forbundet med manglende filterkvalitet. Spesielt i kombinasjon med spenningsomlagringer og at filteret ble separert under innbygging kan indre erosjon oppstå.

Det er imidlertid ikke filteret alene som er årsaken til indre erosjon. Første betingelse for at en erosjon skal kunne oppstå er at vannhastigheten i det potensielt eroderbare materiale overstiger den kritiske vannhastighet. Den kritiske vannhastigheten er definert som den hastighet som har en så stor strømningskraft at den kan flytte på de minste kornstørrelsene i et materiale (suffosjon), eller den hastighet som er nødvendig for at partikler rives med der det er oppstått sprekker i tetningen (røroerosjon eller sprekkeerosjon).

Ved en slik begynnende lekkasje vil filterets sammensetning ha stor betydning. En «aktiv» erosjon har man når lekkasjevannet er blakket. Dette tyder på at filteret ikke «holder igjen» de finere partikler, og derfor ikke virker etter hensikten. Filterets hovedhensikt er å fange opp de finere partikler som eroderes fra tetningskjernen ved en begynnende erosjon, slik at erosjonen stopper på grunn av at vannhastigheten avtar.



2.3 Spanningsomlagring

Skader forårsaket ved spenningsomlagring vises ved:

- Differentialsetninger
- Mulig unormal stor lekkasje

Som nevnt under forrige underkapittel vil en erosjon ofte starte der en «svakhet» i tetningskjernen har oppstått under bygging eller som følge av setninger og derved spenningsomlagringer.

En spenningsomlagring vil kunne skje der en har differentialsetninger (sett i dammens lengdeprofil) eller der tetningskjernen setter seg mer enn filtersonen/støttefyllingen på oppstrøms og nedstrøms side (sett i dammens tverrprofil). På denne måten kan tetningskjernen «henge seg opp» i støttefyllingene. Spenningene i kjernen vil ved fortsatt konsolidering avta, og kan reduseres så mye at minste hovedspenning blir så lav at en hydraulisk splitting vil kunne skje.

Ved en hydraulisk splitting vil lekkasjen øke. Et filter med egnet kornfordeling vil imidlertid hindre en utvasking av finstoff. Er derimot filteret for grovt, kan lekkasjen og erosjonen øke. Det er imidlertid konstatert for flere dammer at morener har viss selvhelende effekt og at erosjonen/lekkasjen ikke nødvendigvis øker.

Spanningsomlagringer er mer sannsynlig der en har store sprang i damfundamentet, der en har bygget dammen med et høyt innbyggingstempo eller der en har smale, vertikale tetningssoner.

2.4 Separasjon under innbygging

Separasjon under innbygging kan føre til:

- Unormal lekkasje

Separasjon ved innbygging av tetningskjernen eller filter vil bety at en har bygget inn en «lekkasjeanviser» som kan føre til lekkasje og erosjon.

Faren for separasjon vil øke med økende graderingstall (d_{60}/d_{10}) for materialet. Jo mer ensgradert et materiale er, dess mindre er sannsynligheten for separasjon under innbygging.

Damforskriftene (1981) ga rom for betydelig høyere graderingstall enn forslag til de nye forskrifter.

Velgraderte materialer til kjerne og filter krever derfor en mer nitid oppfølging og kontroll av innbyggingskvaliteten.



2.5 Fundamentlekkasjer

Det er spesielt lekkasjer i kontakten mellom fundament og tetning som kan føre til store skader og eventuelt brudd. Sannsynligheten for lekkasjer i fundamentet er større for dammer fundamentert på løsmasser eller fjell med sprekker som er fylt med eroderbart materiale (finsand, silt, kalkspat).

Dammer fundamentert på bergarter bestående av kalk, er potensielt sårbare da vann vil kunne oppløse kalken og en vil derved få øket fundamentlekkasje. Det er imidlertid sjelden at disse lekkasjene fører til alvorlige damskader eller brudd. Det er flere eksempler på omfattende etterinjisering av damfundamentet der fundamentlekkasjene har blitt uakseptable høye.

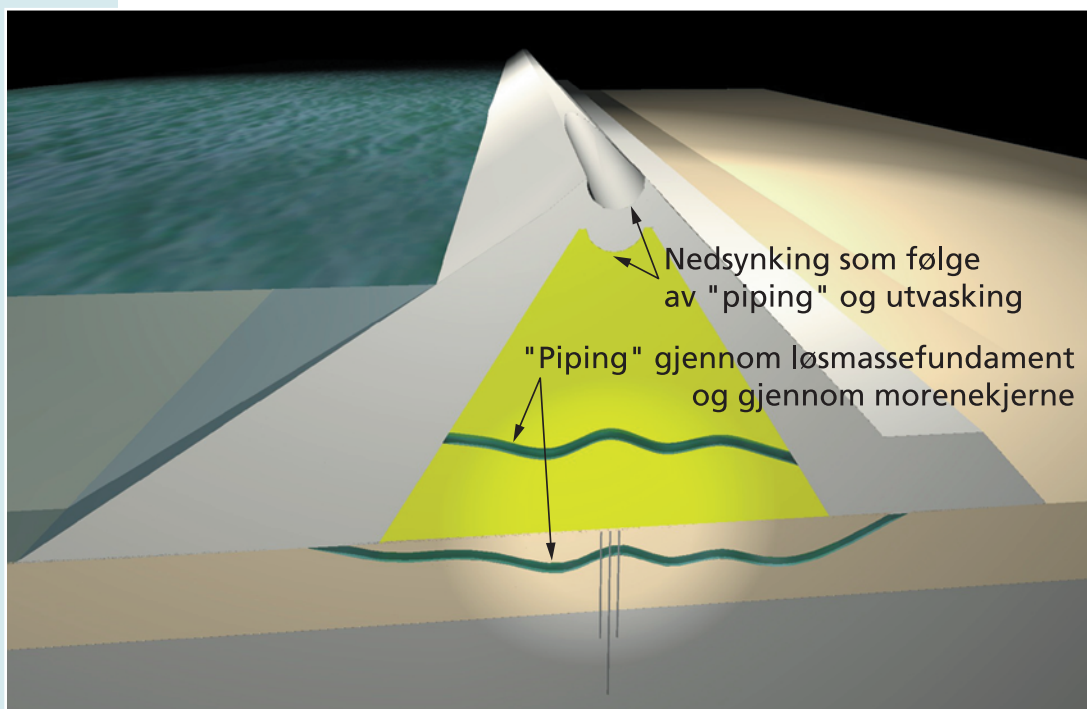


Fig. 2.5.1: Nedsynking som følge av indre erosjon («piping»)

2.6 Bølgeerosjon

Bølgeerosjon kan medføre:

- Skader i oppstrøms skråning eller i damvederlag
- Strandlinjedannelser
- Uttrekking av finere materiale i støttefyllingen, med derved påfølgende setningsskader

Den hyppigste skadetype på norske dammer er skader i oppstrøms skråning som er forårsaket av bølgepåkjenninger. Det er særlig dammer bygget før midten av 70-tallet som har slike skader. Etter at man



bygget eller rehabiliterte fyllingsdammer med dobbelt dekkjikt med blokk, der hver blokk blir plassert individuelt, har det vært meget få skader på norske dammer.

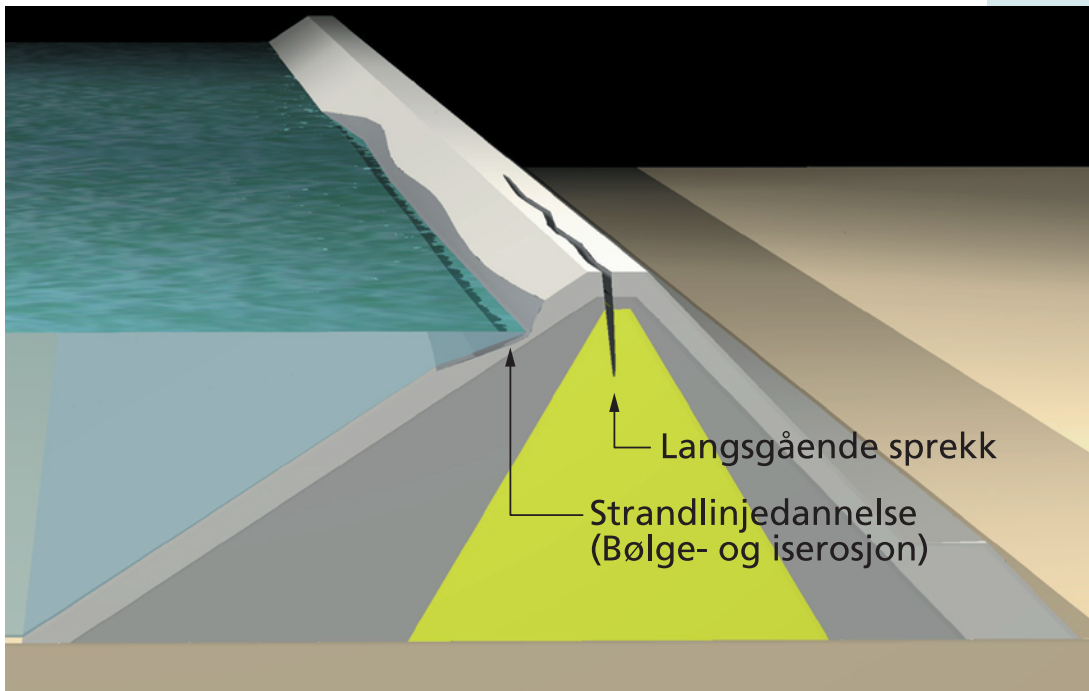


Fig. 2.6.1: Strandlinjedannelse og langsgående sprekk etter setninger

2.7 Bølgeoverskylling

Skader kan vises som:

- Erosjonsskader på topp av dam
- Erosjonsskader i nedstrøms skråning
- Erosjonsskader i nedstrøms damtå

Fyllingsdammer med lite fribord (= vertikal avstand fra reguleringshøyden til topp dam) kan være utsatt for skader ved bølgeoverskylling, gjerne kombinert med sterk vind fra ugunstig retning. Skadeomfanget for en gitt bølgeoverskylling vil være avhengig av dammens dremskapasitet. Det har vært registrert erosjonsskader i nedstrøms skråning på dammer der fribordet har vært lite, der en har hatt oppstrøms tetning av betong og nedstrøms skråning har bestått av samfengt sprengstein. Etter plastring med blokk har disse dammene tilsynelatende oppført seg godt.





2.8 Iserosjon

Iserosjon viser seg ved:

- Stein og blokk i oppstrøms skråning er dratt ut og ned skråningen

Dagens damforskrifter angir en minste vekt på 250 kg for stein som kan brukes i oppstrøms skråning. Denne grense er satt på grunn av faren for skader på grunn av is. Når isen legger seg på et høyt magasinivå, kan skader oppstå ved nedtapping av magasinet. Denne type skade er lite registrert på dammer som er bygget med dobbelt dekk-sjikt av utsortert blokk.

2.9 Nedbør/flom

Skader grunnet nedbør og flom viser seg som:

- Ytre erosjon på topp av dam, i nedstrøms skråning eller tå

Nedstrøms skråning og damtå kan være utsatt for skader i forbindelse med sterk nedbør og flom. Å sørge for at lokale bekker og at flom-avledningsorganer ikke medfører erosjon av damtå under flom er et viktig element i dammens konstruksjon.

2.10 Lav materialkvalitet

Skader som skyldes lav materialkvalitet vises som:

- Nedbryting av blokk og stein i skråningsvernet og generell forvitring
- Større setninger/deformasjoner enn normalt

Forvittringsbestandigheten av materialene som benyttes i dambygging er viktig. Bergarter som skifer og fyllitt vil lettere forvitte enn bergarter med høyere trykkfasthet og forvittringsmotstand.

Enkelte dammer har vist et svært uheldig setningsforløp. Årsaken til de høye setninger kan dels skyldes lav materialkvalitet, ofte i kombinasjon med for lite komprimeringsarbeid. Materialkvaliteten er viktigere desto høyere spenninger en kan forvente, dvs. at krav til kvaliteten bør gjøres avhengig av dammens høyde.

2.11 For lite komprimeringsarbeid

Skadetyper som skyldes for lite komprimeringsarbeid er:

- Unormalt store setninger
- Skjevsetninger/ differentialsetninger
- Langsgående sprekker på damkrone

Komprimeringsarbeidene for dammens soner med ulike materialer må tilpasses materialene slik at setningsforløpet for de ulike soner blir



mest mulig harmonisert. Setningene av de ulike materialer vil avhenge av:

- Materialets densitet/porøsitet
- Materialets/enkeltkorns trykkfasthet
- Plassering i dammen
- Belastningssykluser/belastningsnivå

En tetningskjerne av jordmateriale som har fått for lite komprimeringsarbeid vil sette seg mer enn nabosonene. Derved kan det oppstå sprekker i tetningssonen som skyldes at denne «henger seg opp» i nabosonene. Dette kan føre til lekkasjer, hydraulisk splitting og indre erosjon.

Hvis støttefyllingen får for liten komprimering vil setningene bli større enn ønskelig. Dette kan medføre at de enkelte stein i plastringen kan bevege seg slik at kvaliteten av skråningsvernet ikke fungerer etter hensikten.

Likeledes kan man få langsgående sprekker på topp av dam når støttefyllingen setter seg mer enn den sentrale tetningskjerne.

En vil generelt få større setninger i oppstrøms støttefylling på grunn av syklusene med metning/uttørkning. Dette skyldes at materialstyrken reduseres ved tilførsel av vann.

2.12 Ensgraderte materialer

Skader som kan oppstå ved bruk av for ensgraderte materialer er:

- Setningsskader ved dynamiske laster (for eks. jordskjelv)
- Mulige tilleggsdeformasjoner - spesielt ved høye dammer

Ved bruk av ensgradert materiale skal man være oppmerksom på at finere materialer (finsand og silt) kan være suspekt overfor dynamiske laster, som for eks. jordskjelv. Disse ensgraderte, fine materialene kan under dynamisk last bli «flytende» (liquefaction) ved at poretrykket overstiger spenningen i materialet.

Generelt vil ensgraderte materialer ha lavere densitet og høyere porøsitet enn velgraderte materialer. De vil derved også få større tilleggsdeformasjoner ved påføring av dynamiske laster.

2.13 For høyt innbyggingstempo

Mulige skader:

- Skjevsetninger

Ved en for rask innbygging av dammen vil setningene dammen får etter ferdigstillelse være høyere enn ved et mer moderat innbyggings-



tempo. Hvis man tillater et høyt innbyggingstempo bør man derfor vurdere om man skal legge inn et større setningsmonn enn det man vanligvis benytter.

Benytter man tetningsmaterialer med høye finstoffinnhold og lave konsolideringskoeffisienter, vil det poretrykk man bygger inn ved innbygging av materiale få mindre tid til poretrykksreduksjon. Et høyt innbyggingstempo vil derved kunne føre til en lavere sikkerhet mot brudd ved ferdigstillelse av dammen.

Ved utførte damanlegg i Norge har det vært tilfeller der en har satt en maksimal innbyggingshøyde pr. sesong på 30 - 35 meter. Av de dammer som har hatt stor lekkasjer i Norge, dam Viddalsvatn og dam Hyttejuvet, var innbyggingstempoet i gjennomsnitt ca. 40 meter pr. sesong.

2.14 Frost og teleskader



Skadetyper ved frost og teleskader er:

- Sig- og setningsskader på topp av dam og i skråninger
- Oppsplitting av blokk/stein som ikke er frostbestandige

Frost og teleskader opptrer først og fremst på fyllingsdammer med støttefylling av jordmaterialer (jordfyllingsdammer) og fyllingsdammer med tetningskjerne av telefarlige materialer. Den sistnevnte type dam vil kun få skader der det er en kombinasjon av et høyt antall frosttimer og små dybder til de telefarlige materialer.

Frostskader på jordfyllingsdammer vil først og fremst forekomme på topp av dam og i nedstrøms skråning. Skadene vil sjelden ha noen sikkerhetsmessig betydning, men kan over tid føre til at

dammen får et «rusket» utseende. Skadene vil opptre som «sig» av materiale ned skråningen over tid. Ved ett tilfelle er en slik dam rehabilitert ved å legge inn 80 mm styrofoam oppstrøms senterlinjen (dam Bløyttjern). Deformasjonene som skyldes frostsyklusene har på denne dammen ikke stanset helt.

Frost i steinfyllingsdammer med sentral morenetetning anses ikke som noe problem. Skadene vil generelt være av temporær art, og det er ikke registrert frostskader på steinfyllingsdammer som har betinget spesielt vedlikehold.



3% Forvitring på grunn av frostsprengning er en annen type skade som skjer på lite forvitningsbestandig materiale. Blokk og stein av skifrige og fyllittiske bergarter vil være utsatt for kløyving langs lagdelingen på grunn av frost. Dette kan igjen forårsake ytterligere deling av steinen ved at steinenes tykkelse blir mindre. På denne måten vil skråningen, og da spesielt oppstrøms skråning, bli utsatt for bølge- og iserosjon da den gjennomsnittlige steinstørrelsen vil bli mindre.

2.15 Damstedets topografi

Tegn på skader som er forårsaket av damstedets topografi er:

- Skjevsetninger/ differentialsetninger
- Innsynkninger
- Sprekker på tvers av damkronen

Topografien kan ha stor betydning for dammens setningsforløp og størrelse. Kløfter og renner i størrelsesorden noen få meter eller større heng og brattkanter på titalls meter kan ha en vesentlig betydning for dammens oppførsel.

Ved differentialsetninger vil de gravitimetriske belastningene overføres til dammassene med høyest stivhet (densitet). Derved kan det forekomme at deler av dammen ikke får de spenningene som fyllingshøyden tilsier. Hvis dette skjer i tetningssonen, vil en kunne få en mulighet for hydraulisk splitting ved at vanntrykket kan bli høyere enn minste hovedspenning. Resultatet kan bli øket lekkasje.

2.16 Skråningshelninger

Ved steile skråningshelninger, typisk brattere enn 1,0 : 1,4, vil en mobilisere dammassenes friksjonsegenskaper (skjærmotstand) i en så stor grad at setningene vil øke. Det er imidlertid bare unntaksvis at en kan registrere at skråningshelningene alene har forårsaket skader på fyllingsdammer. Det er gjerne i kombinasjon med ugunstig damstedstopografi, materialer med lav skjærmotstand og mangelfull kompriering at setningsskader er vært forårsaket av for steile skråningshelninger.



3 VEILEDNING I TILSTANDSBEDØMMELSE FOR VISSE SKADETYPER

Tilstandsgraden er som nevnt i Del 1, Kap. 3 definert som følger:

Tilstandsgrad 0	Ingen symptomer på skade
Tilstandsgrad 1	Små skader
Tilstandsgrad 2	Middels store skader
Tilstandsgrad 3	Store skader. Omfatter også sammenbrudd og total funksjonssvikt

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.

Eksempel 1: Det vil være normalt at fyllingsdammer setter seg. En setning som er innenfor det en har bygget inn som setningsmonn, vil derfor ikke kunne betegnes som skade. Det kan likevel være riktig å sette tilstandsgraden til 1, og ikke til 0, for å markere at endringer har funnet sted.

3.1 Setningsskader

Bakgrunn

Enhver lastendring på kompressibelt materiale, f.eks. fyllinger av jord og stein, vil medføre deformasjon. Lastøkning fra fyllinger vil medføre setninger på fundament og samtidig medføre egensetninger i fyllingen. Dammer og damfundamenter blir dermed normalt utsatt for setninger. Når disse overskrider visse grenseverdier vil de kunne få betegnelsen unormale og skadelige. Det samme gjelder når setningene er store over et lite område og kan betraktes som innsynkninger.

Store setninger på topp dam og kjerne kan medføre at den innebygde overhøyden (setningstillegg) blir overskredet så mye at dammen må påbygges. Setninger kan også påføre dammen skade ved at steinene i skråningsbeskyttelsen blir forskjøvet i forhold til hverandre.

Differensialsetninger kan føre til oppsprekking i kjernen og damkronen og også at det oppstår lekkasjer og lokale glidninger/forskyvninger.



Steinmaterialet i støttefyllingen har ofte større egensetninger på vannsiden. Dette skyldes at steinen har en lavere trykkfasthet i dykket tilstand enn i tørr tilstand. Tilleggssetninger oppstår også på grunn av magasinreguleringens dynamiske på- og avlasting. Disse forhold kan medføre skjevsetninger i damtverrsnittet og langsgående sprekker i kjørebanelen på toppen av dammen. Setningene i oppstrøms støttefylling kan bli så store at det forårsaker glidning i oppstrøms filter eller like innenfor kontaktflaten mellom filter og kjernemateriale.

Faktorer av betydning for setninger:

- Kvalitet av fyllingsmaterialer
- Kvalitet av innbyggingsarbeidene (flotykkelse, komprimeringsmengde, spyling)
- Damstedets utforming/topografi
- Dammens skråningshelninger
- Bygge- og magasineringstempo

Skadebilde som følge av setninger:

- Globale setninger over hele dammen
- Deformasjoner (innsynkninger) på damkropp
- Sprekkedannelse
- Lekkasje

Tilstandsbedømmelse

Setninger

Dette vil være en generell tilstandsvurdering basert på dammens setnings mønster, veiet opp mot forvent etsetning (innebygd setningsmonn, Δh) og registrering av skjevsetninger, innsynkninger og sprekkskader tilknyttet etsetninger.

Tilstandsgrad 1 : Setninger mindre enn innebygd setningsmonn. Ingen skader eller innsynkninger av betydning.

Tilstandsgrad 2: Setninger som lokalt er større enn innebygd setningsmonn, men som opptrer over en mindre del av dammens lengde. Enkelte mindre, lokale innsynkninger.

Tilstandsgrad 3: Setninger som lokalt eller globalt er betydelig større enn innebygd setningsmonn. Dammen kan i tillegg ha skader som innsynkninger og sprekkskader (tverrgående eller langsgående).

3.2 Ytre erosjon

Bakgrunn

Miljølaster av forskjellig type på dammen vil kunne medføre skade på dammens overflate. Slike ytre, ofte naturgitte, laster medfører det vi



kaller ytre erosjon. Ytre erosjon er således skader/ustabilitet i dammens overflate.

Ytre erosjon oppstår som følge av:

- Bølger og is mot oppstrøms skråning eller vederlag
- Vann på nedstrøms skråning eller vederlag som følge av:
 - Flomvann inn mot nedstrøms skråning
 - Nedbør
 - Bølgeovertopping av dam
 - Flomvann over topp dam eller topp kjerne

Det er bølgeerosjon og iskrefter som er den hyppigste skademekanismen på norske dammer. I hovedsak opptrer slike skader på dammer bygget før midten av 70-tallet. Disse dammer ble ofte utført med røysfyllinger og ikke med plastret overflate. Utførelsen av arbeidene har også betydning for det skadebilde som kan oppstå.

Jord og grusdammer vil være svært utsatt for ytre erosjon. De fleste av dammene av denne typen er små, med små magasiner som er lite utsatt for miljølaster. Dammene er ofte bevokst med gress og busker som binder overflaten og styrker dammen mot overflateerosjon.

Regnvann, bølgeoverskyllinger og overtoppinger kan medføre overflateerosjon i nedstrøms skråning. I finstoffholdige masser kan dette medføre ravinedannelse som kan bli kritisk for dammens stabilitet. En lekkasje som kommer ut i nedstrøms fylling kan også føre til lokalerosjon på overflaten av dammen.

Av ytre erosjon kan også nevnes frost og teleskader som omtales for seg.

Skadebilde som følge av ytre erosjon:

- Strandlinjedannelse
- Utrasning av plastringsstein
- Deformasjoner og utglidninger av skråningsvern
- Mekanisk nedbrytning av skråningsvern p.g.a. bølger
- Bekkefar eller ravinedannelse på nedstrøms side



Tilstandsbedømmelse:

Damdel	Bare små forskyvninger av individuelle blokker.	Enkelte lokale tegn til erosjonsskader og strandlinjedannelser. Lokale erosjonsskader i nedstrøms skråning eller vederlag.	Lokalt alvorlige skader eller strandlinjedannelser over store partier. Erosjonsskader i nedstrøms skråning eller vederlag.
Oppstrøms	Tilstandsgrad 1	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 3
Nedstrøms	Tilstandsgrad 1	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 3
Damfundament/ vederlag	Tilstandsgrad 1	Tilstandsgrad 2	Tilstandsgrad 3

3.3 Indre erosjon - lekkasjer

Bakgrunn

I en dam eller et damfundament er det alltid en viss vannstrøm i materialet. Dette strømmende vannet kan i visse tilfelle føre til materialtransport og erosjonskanaler.

Indre erosjon er den mekanisme der materialpartikler, normalt i kjerne eller filtermateriale, blir transportert bort fra de nevnte soner. Indre erosjon kan også utvikles i damfundamentet eller i sleppesoner i fjellgrunnen. Dette kan føre til lekkasjer eller deformasjoner på dammen eller i damfundamentet.

I damfundamentet har vi både eksempler på utvikling av lekkasje og erosjon i slepper i fjellfundament, og lekkasjer og materialtransport i løsmassefundament. Det kan ofte registreres utvaskede løsmasser i nedstrøms damfundamentet. Erosjon kan også observeres som materialførende vannoppkommer nedstrøms dammen. Materialtransporten kan bli så stor i en situasjon som utvikler seg at områder oppstrøms dammen eller under dammen får større innsynkninger.





Vi vil spesielt gjøre oppmerksom på lekkasjer eller erosjon langs konstruksjoner gjennom damfundamentet, rørgjennomganger eller kulverter m.v. Det er normalt vanskelig å komprimere masser langs disse konstruksjoner og dette kan medføre «våte områder» som blir lekkasjeanvisere.

I dammen vil indre erosjon i hovedsak inntreffe i tetningssonen i dammen. Generelt vil erosjonen starte nedstrøms og utvikle seg i oppstrøms retning. En erosjonsutvikling vil da kunne skje mellom de soner i dammen der filteregenskapene ikke er tilstrekkelige. Erosjonen kan danne «erosjonsrør» (piping) gjennom dammen.

Ofte vil lekkasje- og erosjonssituasjoner etter en viss tid bli reduserte eller stanse opp. Dette skyldes antagelig to forhold. Det ene er at nedstrøms filter blir tilført så mye finstoff at erosjonen stopper seg selv. Det andre forholdet er at en utviklet lekkasjetunnel vil klappe sammen når det får en viss størrelse.

En lekkasjeepisode der en lekkasjetunnel klapper sammen vil kunne føre til at massene over hullet raser og danner en løs «skorstein» opp i dammen. Denne kan medføre at det på toppen av dammen vil kunne dannes et hull (sinkhole). Dette kan bli flere meter dypt.

Skadebilde som følge av indre erosjon:

- Lekkasje utover «normal» størrelse eller blakket lekkasje. Lekkasjen viser en øket verdi ved samme vannstand over tid
- Slamansamlinger nedstrøms dam
- Deformasjoner på dam (innsynkninger)
- Hull i topp dam (sinkholes)
- Oppkomme nedstrøms dam
- Oppbløtte partier i dammer med finstoffholdige støttefyllinger

Tilstandsbedømmelse:

I tillegg til lekkasjens størrelse og om lekkasjevannet er blakket eller ikke, vil tilstandsvurderingen også innbefatte om lekkasjetrenden synes økende, stabil eller fallende. En økende trend innebærer at tilstandsklassifiseringen settes over den grad som bestemmes etter kun lekkasjevolumet i l/s.

Tilstandsgrad 0

Dammer med lekkasjer opp til den mengde som er beregnet teoretisk er definert i tilstandsgrad 0, forutsatt at lekkasjen er kontinuerlig registrert i et lekkasjemålesystem. Lekkasjen må dessuten ikke være blakket av finstoff fra tetningsskjernen eller filter.

Tilstandsgrad 1

Dammer med sporadiske målinger, men der disse ikke gir noe indikasjon på unormale eller blakket lekkasje. Dammer med kontinuerlig lekkasjeregistrering, der lekkasjen ikke viser en øket tendens over tid



og der lekkasjemengden kan være opptil 3 - 5 ganger teoretisk lekkasje. Lokale, oppbløtte partier på dammer med finstoffholdige støttefyllinger.

Tilstandsgrad 2

Dammen har vist tegn til unormal lekkasje med dels blakket vann, med lekkasjevolum i størrelsesorden 5 - 15 ganger teoretisk lekkasje. Imidlertid er ikke lekkasjen økende, sett over tid. Dammer som viser tegn til «lekkasjegulp» som varer i en meget kort tid havner i denne tilstandsgrad.

Større partier med oppbløtte masser.

Tilstandsgrad 3

Dammen har vist eller viser store lekkasjemengder (> 15 ganger teoretisk lekkasje), ofte med blakket vann. Maksimallekkasjen ved høyeste vannstand viser en økning over tid.

Større partier med oppbløtte masser som tydelig viser sig ned skråninger.

3.4 Utglidninger og grunnbrudd

Bakgrunn

En dams stabilitet med hensyn på utglidning i dam og fundament, samt fundamentets bæreevne, må dokumenteres ved anerkjente stabilitetsberegninger. Dette kan være geotekniske beregningsmetoder eller elementberegninger. Det stilles her krav i henhold til «Forskrifter for dammer».

Ved normale norske forhold er fjellets bæreevne meget tilfredsstillende for en fyllingsdam. Ved fundamentering på løsmasser må fundamentet kontrolleres med hensyn på bæreevne og tetthet. I denne vurdering inngår også vurdering av drenasje i nedstrøms fundament. Her vil et høyt grunnvannsnivå (poretrykk) på grunn av lekkasje eller utilstrekkelig drenasje kunne medføre grunnbrudd eller utglidning av nedstrøms skråning.

Mindre utglidninger på damskråning vil kunne inntreffe lokalt på grus/jorddammer med for bratte skråninger eller under påvirkning av tele. Utglidningene kan framstå som «sig» og utbulinger i skråningene og kan likne på skader forårsaket av frost, der telefarlig materiale er benyttet som støttefylling. Imidlertid har en begynnende utglidning ofte en bueform i utglidningens øvre del.

Skadebilde som følge av utglidninger eller grunnbrudd:

- Sprekker på dam med bueform
- Nivåforskjeller med skjærflate
- Utbulninger i damskråning eller damtå



Tilstandsbedømmelse

Tilstandsgrad 1: Mindre, lokale sig/utbulinger

Tilstandsgrad 2: Lokale sig/utbulinger og antydning til sprekker/nivåforskjeller.

Tilstandsgrad 3: Større sprekker og utbulinger i størrelsesorden ti-talls cm utover normale deformasjoner, gjerne registrert ved boltemålinger der disse finnes.

3.5 Frost og teleskader

Bakgrunn.

Frostskader på en fyllingsdam er blant annet den forvitningsprosessen som frosten medfører på skråningsvernet på dammen. Her er det spesielt skifrig og oppsprukket stein som er utsatt. Steinen blir utsatt for en frosterosjon som fragmenterer steinen i stadig mindre deler. Etter en viss tid vil skråningsvernet ikke være dimensjonert for de belastninger som oppstår.

Teleskader er deformasjoner som følge av frosne dammasser. Dette kan gi seg utslag i deformasjoner i damkrone, som langsgående sprekker eller ujevnheter og uryddig skråningsvern. Dette har sin årsak i volumutvidelse i det frosne området og at massene ikke faller tilbake til det stedet det kom i fra. Her vil noe vandre opp og ut i fyllingen mens andre masser faller ned i fyllingen. De deformasjoner som inntrer vil være avhengig av dammens utforming og massetyper. Dammer med telefarlige støttefyllinger og kort avstand til tetningskjernen vil være mest utsatt.

Teleskader kan i verste fall medføre utglidninger i massene ved at det danner seg glidesjikt i de frosne massene. I en opptiningssituasjon kan tinte overflatemasser gli på underliggende frostsjikt.

Skadebilde som følge av frost og teleskader:

- Sprekker på dammen
- Unormale deformasjoner
- Frostforvitring på overflaten
- Uryddig skråningsvern

Under tilstandsgrad er det definert tilstand for to forskjellige prosesser:

A: Deformasjoner/sig/sprekker i telefarlig materiale og

B: Tilstand av damoverflaten (stein/blokk)

Tilstandsgrad 1: A. Mindre, lokale sig/utbulinger.
B. Bare enkeltstein er frostforvitret.



- Tilstandsgrad 2:
- A. Lokale sig/utbulinger over en større del av dammen.
 - B. Partier (25 - 75%) av overflaten frostforvitret. Merkbar reduksjon av gjennomsnittlig stein/blokkstørrelse.
- Tilstandsgrad 3:
- A. Utbulinger og sig i størrelsesorden ti-talls cm utover normale deformasjoner, gjerne registrert ved boltemålinger der disse finnes.
 - B. Mer enn 75% av overflaten er frostforvitret. Betydelig reduksjon av steinstørrelsen.

3.6 Tilgroing

Bakgrunn.

Tilgroing av busker og trær vil være en skademekanisme i hovedsak for dammer med støttefylling av grus eller jordmasser. Beskjeden tilgroing observeres imidlertid også på støttefyllinger av sprengstein fra tunneller eller steinbrudd.

Vegetasjon vil i stor grad hindre inspeksjon, kontroll og tilgjengeligheten av en fyllingsdam. Rotsystemer vil kunne perforere og ødelegge damkropp og medføre deformasjoner og lekkasjer. Det er eksempel på at rotsystemer på busker og vier tetter en dams drenasjesystem, med poretrykks-oppygging og grunnbrudd som følge. Rotvelt vil kunne medføre store groper i en damkropp.



Tilstandsgrad:

- Tilstandsgrad 1: Enkelttrær og busker i nedstrøms skråning eller på damtopp. Tilgroingen hindrer ikke vurderingen av setninger og deformasjoner.
- Tilstandsgrad 2: Partier av dammen er bevokst med busker og trær. Vanskelig å bedømme tilstand forårsaket av andre skadeårsaker.
- Tilstandsgrad 3: Partier av dammen er bevokst med større trær og busker. Vindfall vil kunne føre til større groper i damkroppen. Tilgjengelighet og muligheter for observasjon er begrenset.



4. Skadetyper – illustrasjoner

4.1 Unormale lekkasjer/ indre erosjon



Kommentarer:

Rent lekkasjevann foreløpig. Dersom lekkasjevannet blakkes eller lekkasjen øker bør tiltak og undersøkelser planlegges.

Damtype:

Fyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:

Fundamentlekkasje

Årsaker:

Utett fundament

Tilstandsgrad:

2-3

Dam:

Skipsfjordelva

Anlegg:

Eier:

Nordkapp kommune



Kommentarer:

Bildet viser «sinkhole» etter indre erosjon med påfølgende nedrasing av masser fra overliggende soner.

Damtype:

Fyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:

Synkehull. Krone

Årsaker:

Indre erosjon, hydraulisk splitting

Tilstandsgrad:

3

Dam:

Hyttejuvet

Anlegg:

Eier:

Røldal-Suldal Kraft AS og Norsk Hydro Produksjon AS



Hjerkinn-02

Damtype:

Fyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:

Langsgående sprekk

Årsaker:

Skjevsetninger

Tilstandsgrad:

2

Dam:

Hjerkinnmyra

Anlegg:

Eier:

Folldal Verk



Kommentarer:

Skyldes trolig store deformasjoner i oppstrøms støttefylling eller fundament.

Damtype:

Fyllingsdam med
sentral betongtetting

Skader/Symptomer. Sted:

Innsynkning av støttefylling

Årsaker:

Dårlig komprimering i støtte-
fylling

Tilstandsgrad:

2

Dam:

Gjømmervatn

Anlegg:

Oldereid Kraftverk

Eier:

Salten Kraftsamband - SKS



Kommentarer:

«Jevn» stor setning i støttefylling pga dårlig komprimering under innbygging.



Damtype:
Fyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:
Sig/ utbuling, setninger.

Årsaker:
Skjevsetninger.

Tilstandsgrad:
2

Dam:
Kvilesteinsvatn

Anlegg:
Vikfalli

Eier:
Statkraft SF



Damtype:
Fyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:
Langsgående sprekk i krone.

Årsaker:
Skjevsetninger.

Tilstandsgrad:
2-3

Dam:
Jukla

Anlegg:
Folgefonnverkene

Eier:
Statkraft SF

Kommentarer:
Setning i oppstrøms støttefylling.



Damtype:
Steinfyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:
Skader oppstrøms skråningsvern

Årsaker:
Bølgeerosjon

Tilstandsgrad:
1-2

Dam:
Nesjen hoveddam

Anlegg:

Eier:
Sira Kvina



Kommentarer:
Rekved blir liggende fastklemt i plastringa. Plastringa er ikke lenger stabil.

Damtype:
Steinfyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:
Skader oppstrøms skråningsvern

Årsaker:
Bølgeerosjon

Tilstandsgrad:
2-3

Dam:
Nesjø

Anlegg:

Eier:
Trondheim Energiverk -
TEV Kraft



Kommentarer:
Sår i skråningsvernet ved HRV etter en høststorm i 1976.



Kommentarer:
Lokal strandlinjedannelse.

Damtype:
Steinfyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:
Strandlinjedannelse,
oppstrøms skråningsvern

Årsaker:
Liten plastringstein som
ikke er lagt i forband.

Tilstandsgrad:
1-2

Dam:
Bævervatn

Anlegg:
Svorka Kraftanlegg

Eier:
Statkraft SF



Kommentarer:
Strandlinjedannelse i partier utsatt for bølgeerosjon.

Damtype:
Steinfyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:
Ujevn plastring, strandlinje-
dannelse.

Årsaker:
Bølgeerosjon, iserosjon

Tilstandsgrad:
1-2

Dam:
Reinsvatn

Anlegg:
Auraanleggene

Eier:
Statkraft SF



Damtype:
Steinfyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:
Punktskade, oppstrøms
skråningsvern

Årsaker:
Forvitret plastringstein

Tilstandsgrad:
1-2 (lokalt)

Dam:
Finnkoihøga

Anlegg:
Lødølja

Eier:
Trondheim Energiverk -
TEV Kraft



Kommentarer:
Forvitret fyllitt i skråningsvernet. Såret reparert med betong.

Damtype:
Fyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:
Skadet oppstrøms
skråningsvern.

Årsaker:
Bølgeerosjon, dårlig
steinkvalitet

Tilstandsgrad:
2-3

Dam:
Kvilesteinsvatn

Anlegg:
Vikfalli

Eier:
Statkraft SF



Kommentarer:



Damtype:
Steinfyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:
Forvitring, oppstrøms
skråningsvern

Årsaker:
Frostsprenkning

Tilstandsgrad:
1-2 (lokalt)

Dam:
Follsjo

Anlegg:
Trollheim Kraftverk

Eier:
Statkraft SF



Kommentarer:

Utrasning fordi skråningsvernet ikke er lagt i forband.

Botnedal-01
Damtype:
Fyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:
Utrasning oppstrøms
skråningsvern

Årsaker:
Manglende forband i plast-
ring. Ikke ordnet skråning.

Tilstandsgrad:
1-2

Dam:
Botnedalsvatn

Anlegg:

Eier:
Statkraft SF



Damtype:
Fyllingsdam

Skader/Symptomer. Sted:
Tilgroing, damkrone.

Årsaker:
Finstoffholdig støttefylling/
manglende vedlikehold.

Tilstandsgrad:
2

Dam:
Trostedalsvatn

Anlegg:

Eier:
Leikanger kommunale
Elverk

