

Retningslinjer for overvåking og instrumentering av vassdragsanlegg

til §§ 2-6 og 2-7 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med
vassdragsanlegg

Norges vassdrags- og energidirektorat

Utgave 2 - Oktober 2005

Ny forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg er gjort gjeldende fra 01.01.2010. Den erstatter forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg (datert 15.12.2000), forskrift om klassifisering av vassdragsanlegg (datert 18.12.2000) og forskrift om kvalifikasjoner hos den som forestår planlegging, bygging og drift av vassdragsanlegg (datert 18.12.2000). I de tilfeller det ikke er overensstemmelse mellom ny forskrift og retningslinjer til tidligere forskrift, er det ny forskrift som gjelder.

Innhold

1	Generelt.....	3
1.1	Begrensninger for retningslinjen.....	3
1.2	Definisjoner.....	3
2	Plan for overvåking	4
3	Overvåking og instrumentering.....	4
3.1	Instrumentering – generelt	4
3.1.1	Lekkasjemåling.....	6
3.1.2	Poretrykksmåling	6
3.1.3	Vannstandsmåling.....	6
3.1.4	Deformasjonsmålinger.....	6
3.2	Overvåking av spesielle forhold ved betong- og murdammer	8
3.3	Andre aktuelle målinger.....	8
3.4	Nøyaktighet av målinger	8
4	Presentasjon og evaluering av måldata.....	9
5	Referanser	10

Vedlegg A - Eksempler på grafisk presentasjon av måldata

1 Generelt

Denne retningslinjen utdyper §§ 2-6 og 2-7 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg (sikkerhetsforskriften) [1], knyttet til overvåking og instrumentering av dammer i driftsfasen. Dette omfatter overvåking for å:

1. Identifisere prosesser som kan påvirke dammens sikkerhet og dermed muliggjøre planlegging av tiltak på kort og lang sikt.
2. Gi varsel om og identifisere unormale situasjoner ved dammen som kan kreve et spesielt tilsyn eller igangsetting av en beredskapsplan.

Retningslinjen angir en måte å tilfredsstillе sikkerhetsforskriften på. Dersom det velges en løsning som avviker fra retningslinjen må det dokumenteres at valgte løsning gir tilfredsstillende sikkerhet, jf. § 1-6 i sikkerhetsforskriften.

1.1 Begrensninger for retningslinjen

Retningslinjen dekker ikke overvåking for byggefasen, første gangs oppfylling og de første driftsårene fram til målingene har stabilisert seg. I disse fasene vil det ofte være behov for mer omfattende overvåking.

Krav om instrumentering i retningslinjen omfatter kun dammer. Type instrumenter og plassering er i hovedsak ikke omtalt ettersom dette bør tilpasses hvert enkelt anlegg og de stedlige forholdene ved anlegget.

Retningslinjen tar ikke sikte på å omfatte spesielle situasjoner som krever ekstra instrumentering over en kortere eller lengre periode for å følge en bestemt utvikling. Slike situasjoner må vurderes spesielt i hvert enkelt tilfelle.

1.2 Definisjoner

Avlesning: Innsamling/utlesning av måling.

Avlesning - kontinuerlig: Avlesning ved faste, hensiktsmessige tidsintervaller. Normalt vil dette innebære direkte overføring av måledata til driftscentralen, jf. kontinuerlig måling.

Måling: Registrert verdi fra måleinnretningen ved et gitt tidspunkt.

Måling - kontinuerlig: Måling ved faste, hensiktsmessige tidsintervaller. Normalt vil dette innebære at målingene er automatisert. Tidsintervall for måling må vurderes i hvert tilfelle.

Overvåking: Samlebegrep for visuelle observasjoner, måling, avlesning og eventuell bearbeiding av måledata.

2 Plan for overvåking

Det skal utarbeides en plan for overvåking av det enkelte vassdragsanlegg som godkjennes av NVE etter § 2-6 i sikkerhetsforskriften [1]. Der planen omfatter instrumentering, skal det også foreligge et detaljert program for måling, jf. § 2-7 i sikkerhetsforskriften [1]. Planen vil normalt godkjennes ved nybygging eller ombygging. Ved eksisterende anlegg vil plan for overvåking bli vurdert og godkjent som et element av revurderingen, jf. retningslinje for tilsyn og revurdering av vassdragsanlegg [2]. Planen bør samkjøres med eventuelle pålegg fra NVE om innhenting av hydrologiske data.

Plan for overvåking kan inngå som en del av tilsynsprogrammet. Planen skal normalt inneholde følgende elementer:

1. Oversikt over all overvåking ved anlegget.
2. Beskrivelse av hvilke målinger som skal utføres og tidsintervall for målingene.
3. Begrunnelse for instrumentering eller manglende instrumentering der dette avviker fra retningslinjen.
4. Angivelse av plassering for hver enkelt måleinnetning.
5. Spesifikasjon for instrumentene.
6. Angivelse av nøyaktighet for instrumentene.
7. Plan for kalibrering av instrumentene der dette er nødvendig.
8. Plan for testing, inspeksjon og vedlikehold av instrumentene.
9. Grenseverdier for iverksetting av tiltak.

Grenseverdier vurderes i forbindelse med utarbeidelse av beredskapsplan for dammen.

3 Overvåking og instrumentering

Behov for overvåking og instrumentering varierer etter damtype og klasse. Antall instrumenter og deres plassering er avhengig av forhold som damtype, damhøyde/-lengde, fundamentforhold, magasin størrelse, reguleringshøyde og forhold i magasinområdet. Eventuelle pålegg fra NVE om innsamling av hydrologiske data kan også påvirke valg av instrumentering og plassering.

Det bør vektlegges at instrumentene er driftsikre, nøyaktige og lette å avlese. Systemer for overføring av data skal være særlig motstandsdyktige mot funksjonssvikt, jf. § 2-7 i sikkerhetsforskriften. Behov for dublering av måling og avlesning skal vurderes ved kontinuerlig overvåking.

3.1 Instrumentering – generelt

Instrumentering av dammer, med angivelse av hyppighet for måling og avlesning er gitt i tabell 3-1. Supplerende instrumentering og hyppigere tidsintervall for måling og avlesning vurderes ved hvert enkelt anlegg. Det er ingen generelle krav til instrumentering av gravitasjonsdammer.

Damtype		Klasse	Lekkasje (jf. kapittel 3.1.1)	Poretrykk (jf. kapittel 3.1.2)	Deformasjoner (jf. kapittel 3.1.4)	Setninger (jf. kapittel 3.1.4)	Vannstand (jf. kapittel 3.1.3)
Fyllingsdammer	Fyllingsdammer med tetningskjerne av morene/asfaltbetong	3	KO		HT	PT	KO
		2	KM		HT	PT	KM
	Fyllingsdammer med tetning av betong, tre eller lignende	3	KM		HT		KO
		2	KM		HT		KM
	Fyllingsdammer fundamentert på løsmasser eller berg med utpregede svakhetssoner	3	KO	KM	HT	PT	KO
		2	KM	KM	HT	PT	KM
Betong- og murdammer	Plate-, lamell-, flerbue- og tørrmurte dammer	3	PT		HT		KO
		2	PT				PT
	Hvelvdammer	3	PT		PT		KO
		2	PT				PT
	Betong- og murdammer på løsmasser eller berg med utpregede svakhetssoner	3	KO	KM	HT		KO
		2	KM	KM			KM
Dammer med luker i flomløpet	3					KO	
	2					KO	

Tabell 3-1. Instrumentering av dammer med angivelse av hyppighet for måling og avlesning av måledata

Forklaring til tabell 3-1:

- **KO:** Kontinuerlig overvåking (kontinuerlig måling, avlesning og eventuell bearbeiding av måledata)
- **KM:** Kontinuerlig måling. Avlesning utføres minst en gang i året
- **PT:** Måling og avlesning utføres minst en gang i året, normalt i forbindelse med periodisk tilsyn
- **HT:** Måling og avlesning utføres ved hovedtilsyn

Kontinuerlig overvåking (KO) er betinget ut fra beredskapsmessige hensyn for å kunne identifisere og håndtere en unormal situasjon så tidlig som mulig.

3.1.1 Lekkasjemåling

Lekkasje skal registreres sammen med faktorer som kan påvirke lekkasjemålingene, for eksempel vannstand. Der tilsig fra snøsmelting og nedbør kan påvirke målingene, vil det også være nødvendig å måle lufttemperatur og nedbør. Der lekkasjemåling ikke er angitt i tabell 3-1, bør visuell vurdering av lekkasje være et element i det periodiske tilsynet. Det samme gjelder når det ikke er målbar lekkasje og tabellen angir måling ved hoved- eller periodisk tilsyn.

3.1.2 Poretrykksmåling

Poretrykk skal registreres sammen med faktorer som kan påvirke målingene, for eksempel vannstand.

Alle dammer som beregningsmessig er stabile med et poretrykk lavere enn de generelle poretrykksreglene skal instrumenteres for måling av poretrykk. Dette gjelder i tillegg til instrumentering gitt i tabell 3-1. I denne sammenheng, henvises spesielt til regler for poretrykk gitt i retningslinje for betongdammer [3] og retningslinje for murdammer [4].

Åpne stigerør og lukkede hydrauliske piezometer har lang responstid og er uegnet for å avdekke hurtige endringer i poretrykket [5].

3.1.3 Vannstandsmåling

Overvåking av vannstanden er viktig i flere sammenhenger. Av beredskapsmessig hensyn skal vannstanden overvåkes kontinuerlig ved alle dammer i klasse 3 og dammer i klasse 2 med luker i flomløpet. For øvrig er vannstand vesentlig i forbindelse med overvåking av lekkasje, poretrykk og deformasjoner, som beskrevet i kapittel 3.1.1, 3.1.2 og 3.1.4.

Vannstandsmålinger utføres for vannstander som er hensiktsmessig sett i sammenheng med bakgrunnen for målingen. Normalt vil dette ligge mellom dimensjonerende flomvannstand (DFV) og en hensiktsmessig lavvannstand, eventuelt laveste regulerte vannstand (LRV).

Overvåking av vannstand bør sees i sammenheng med ”Retningslinje for registrering av vannstand i reguleringsmagasin samt innsending av magasindata til NVE” [6].

3.1.4 Deformasjonsmålinger

Generelt skal deformasjoner registreres sammen med faktorer som kan påvirke målingene, for eksempel vannstand.

Måling av deformasjoner ved betong- og murdammer

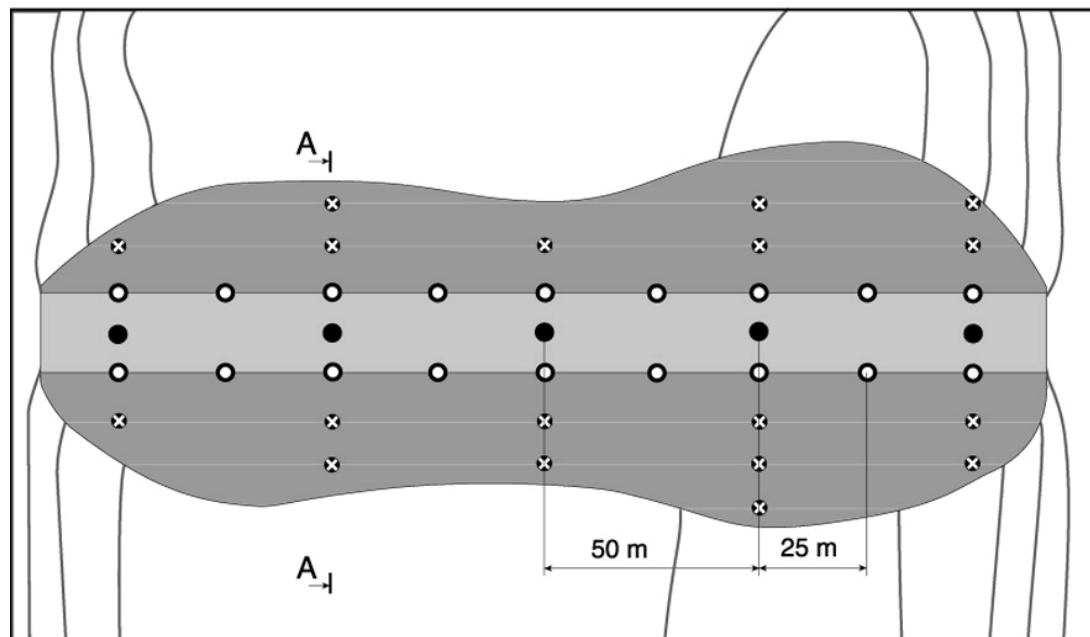
Ved betongdammer måles også betongtemperatur parallelt med måling av deformasjoner. Måling av lufttemperatur og vanntemperatur kan eventuelt erstatte måling av betongtemperatur.

Det må vurderes om overvåking av deformasjoner også skal omfatte vederlag og fundament. Type instrumenter og plassering baseres på en individuell vurdering ved det enkelte anlegg.

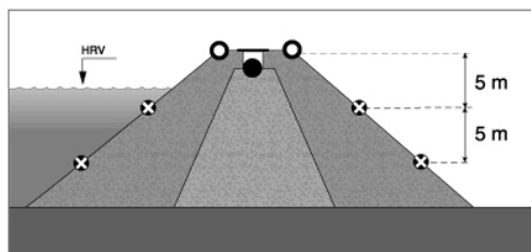
Måling av deformasjoner og setninger ved fyllingsdammer

Bolter for innmåling av deformasjoner deles inn i følgende 3 grupper (se også figur 3):

- **Kjernebolter** for overvåking av setninger i topp tetning. Boltene bør monteres med maksimum 50 meters avstand.
- **Kronebolter** for overvåking av setninger og forskyvninger langs kanten av damkronen. Kroneboltene bør plasseres med maksimum 25 meters avstand. Boltene koordinatbestemmes i horisontal- og vertikalplanet.
- **Skråningsbolter** for overvåking av setninger og forskyvninger i skråningen. Skråningsboltene i oppstrøms og nedstrøms skråning bør monteres med maksimum 50 meters avstand i lengderetningen og 5 til 10 meters avstand vertikalt. Boltene koordinatbestemmes i horisontal- og vertikalplanet.



Plan



Snitt A-A

- Kronebolter
- Kjernebolter
- ⊗ Skråningsbolter

Figur 3-1. Fordeling av bolter på en fyllingsdam

3.2 Overvåking av spesielle forhold ved betong- og murdammer

Der alkalireaksjoner (AAR) er påvist, overvåkes deformasjoner og endringer i sprekker/riss. Det er spesielt viktig å følge utviklingen ved manøvrerbare løp, ettersom AAR kan føre til volumutvidelse av betongen som kan resultere i fastkiling av luke.

Generelt må behov for registrering av sprekker og riss vurderes ved hvert enkelt anlegg.

Der dammen er avhengig av forspente stag for å oppnå tilfredsstillende stabilitet, skal forankringskrefter i staget kontrolleres i forbindelse med revurdering

3.3 Andre aktuelle målinger

Følgende instrumentering/overvåking kan også være aktuelle:

- **Deformasjons- og sprekkemålinger i terreng:** Dette kan være nødvendig for å registrere bevegelse i dalsidene mot magasinet, eller for å måle endringer ved begrensede fjellpartier som ved utrasing kan true magasinet eller dammen.
- **Flyfotografering:** Flyfoto kan være aktuelt for å vurdere bevegelse av ustabile områder ved magasinet.
- **Kameraovervåking:** Der det er behov for regelmessige visuelle observasjoner, for eksempel for kontroll av instrumenter eller kontroll av fjernstyrte luker, kan kameraovervåking være aktuelt.
- **Måling av turbiditet:** Turbiditet er et mål for mengde suspendert stoff i vann. Måling kan være aktuelt ved indikasjoner på indre erosjon i fundament eller damkropp.
- **Topografisk kartlegging av fyllingsdammer:** Kartlegging med sonar eller flyfotografering og fotogrammetrisk kartlegging kan være aktuelt for å overvåke lokale deformasjoner som kan være vanskelig å fange opp med deformasjonsbolter, for eksempel deformasjoner pga. utvasking på vannsiden eller indre erosjon.

3.4 Nøyaktighet av målinger

Normalt skal det forutsettes at målinger kan utføres med en nøyaktighet som angitt i tabell 3-2. Tabellen er veiledende og det er rom for individuelle vurderinger ved hvert enkelt anlegg. Rutiner for kalibrering av instrumentene er vesentlig for å sikre en god nøyaktighet, spesielt ved kontinuerlig overvåking.

	Enhet	Nøyaktighet	Kommentar
Vannstand [6]	m.o.h.	+/- 0,01 m eller 0,1 % ved måleområde >10m	Måleområde: DFV til hensiktsmessig lavvannstand, eventuelt LRV
Lekkasje, kontinuerlig måling [7]	l/s	+/- 10 % av registrert lekkasje	Måleområde: 1-500 l/s
Poretrykk	m.o.h.	+/- 0,5 m	Måleområde: Nivå av sensor til DFV
Setninger	mm	+/- 1 mm	Innmåling med nivelleringskikkert
Deformasjoner fyllingsdammer	mm	+/- 5 mm	Innmåling med totalstasjon
Deformasjoner betongdammer	mm	+/- 2 mm	Nøyaktighet forutsetter en fast oppstillingsplass for totalstasjon
Betong- og lufttemperatur	°C	+/- 1 °C	

Tabell 3-2. Nøyaktighet ved registrerte målinger

4 Presentasjon og evaluering av måledata

Måledata bearbeides og evalueres fortløpende når avlesning er gjennomført og skal være tilgjengelig ved forespørsel fra NVE, jf. § 2-7 i sikkerhetsforskriften. Normalt skal måledataene alltid vurderes og tolkes i forhold til:

- Nøyaktigheten av de forskjellige målingene.
- Avvik og hurtige endringer i måledataene.
- I hvilken grad målingene er påvirket av andre parametere

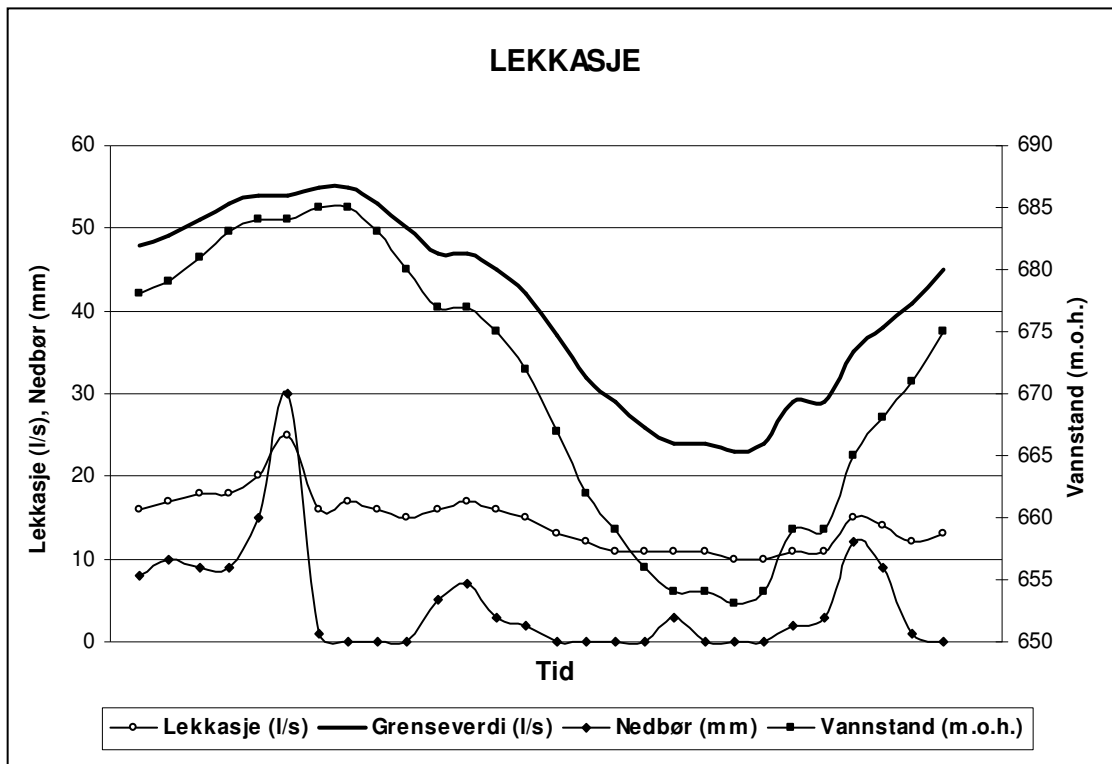
Måledata skal presenteres grafisk, der både korttidsendringer og langtidstrender fremgår. Normalt skal presentasjonene være lesbare og entydige i både svart-/hvitt og fargetrykk, samt tilpasses A4- eller A3-format som kan benyttes i rapporter. Eksempel på grafiske presentasjoner av måledata er gitt i vedlegg A. Måleresultatene dokumenteres for øvrig i rapport fra hovedtilsyn som beskrevet i retningslinje for tilsyn og revurdering av vassdragsanlegg [2].

For alle målinger fastsettes det grenseverdier som er bestemmende for når tiltak skal iverksettes. Grenseverdiene presenteres grafisk sammen med måledataene og gjengis i beredskapsplanen der det er aktuelt.

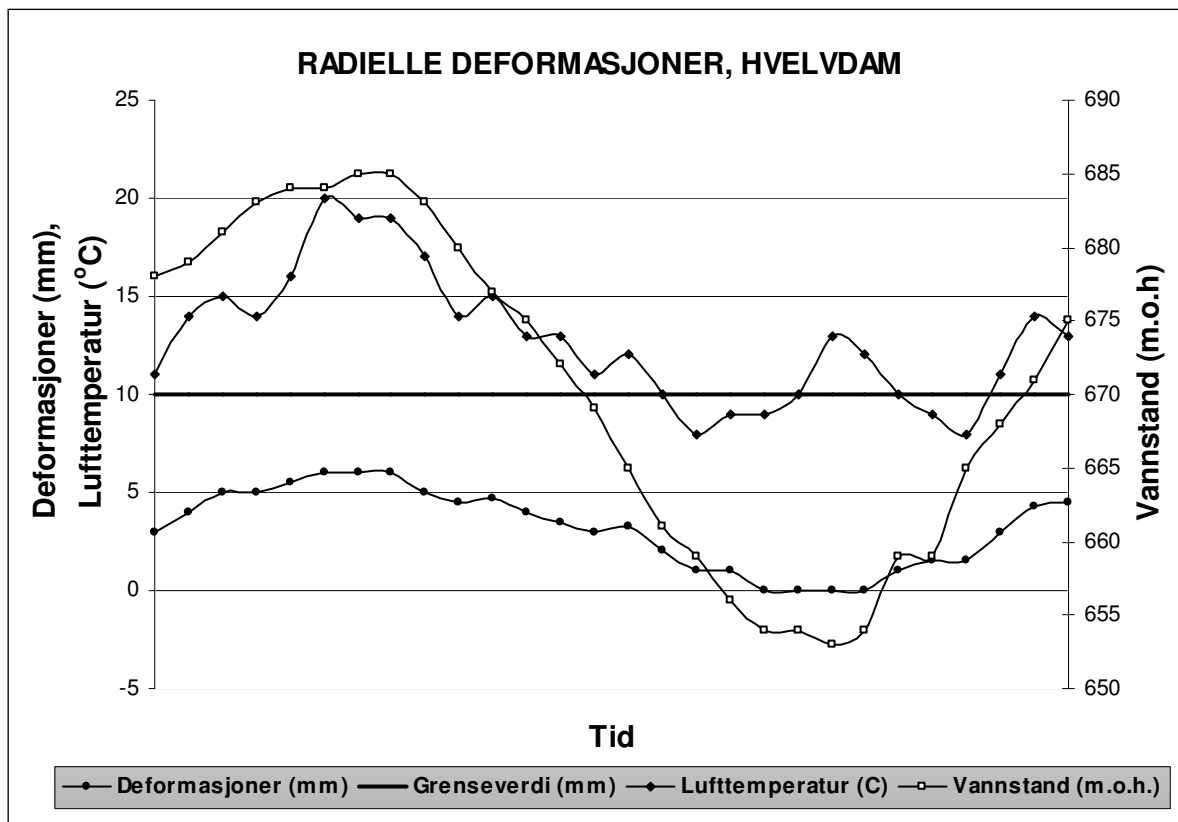
5 Referanser

- [1] OED/NVE (2000). *Forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg*.
- [2] NVE (2002). *Retningslinje for tilsyn og revurdering til §§ 7-2 og 7-3 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg*.
- [3] NVE (2002). *Retningslinje for betongdammer til § 4-8 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg*.
- [4] NVE (2003). *Retningslinje for murdammer til § 4-9 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg*.
- [5] NGI (1994). *Retningslinjer for instrumentering av norske dammer*. Rapport nr. 935058-1.
- [6] NVE (2003). *Retningslinjer for registrering av vannstand i reguleringsmagasin samt innsending av magasindata til Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)*. Vedtatt av NVE 16. januar 2003.
- [7] EBL-Kompetanse (2000). *Håndbok for etterinstrumentering av dammer*. Publikasjon nr. 466-2000, ISBN 82-436-0416-2.
- [8] EBL-Kompetanse (2003). *Måledata for dammer*. Publikasjon nr. 155-2003, ISBN 82-436-0495-2.

Vedlegg A - Eksempel på grafisk presentasjon av måledata

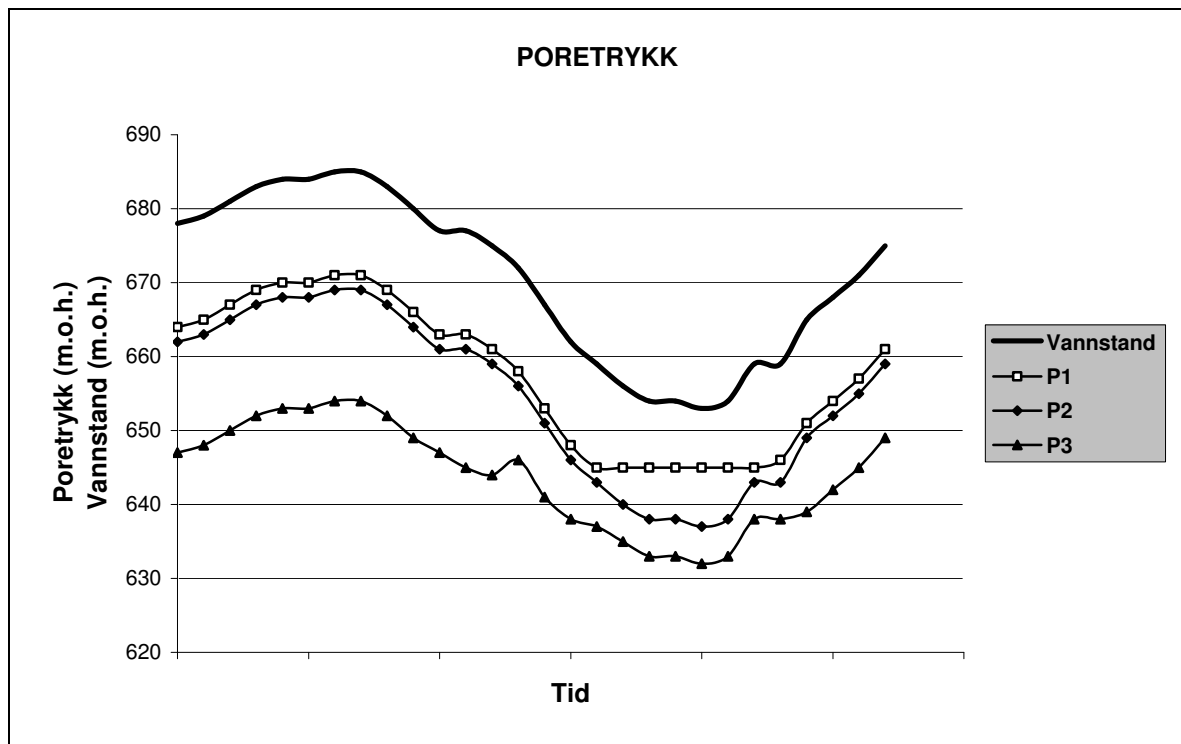


Figur A-1. Eksempel på presentasjon av lekkasje. Grenseverdi er lagt inn som en variabel i forhold til vannstand, men kan like gjerne knyttes til en konstant verdi relatert til dammens kapasitet til å motstå lekkasje.

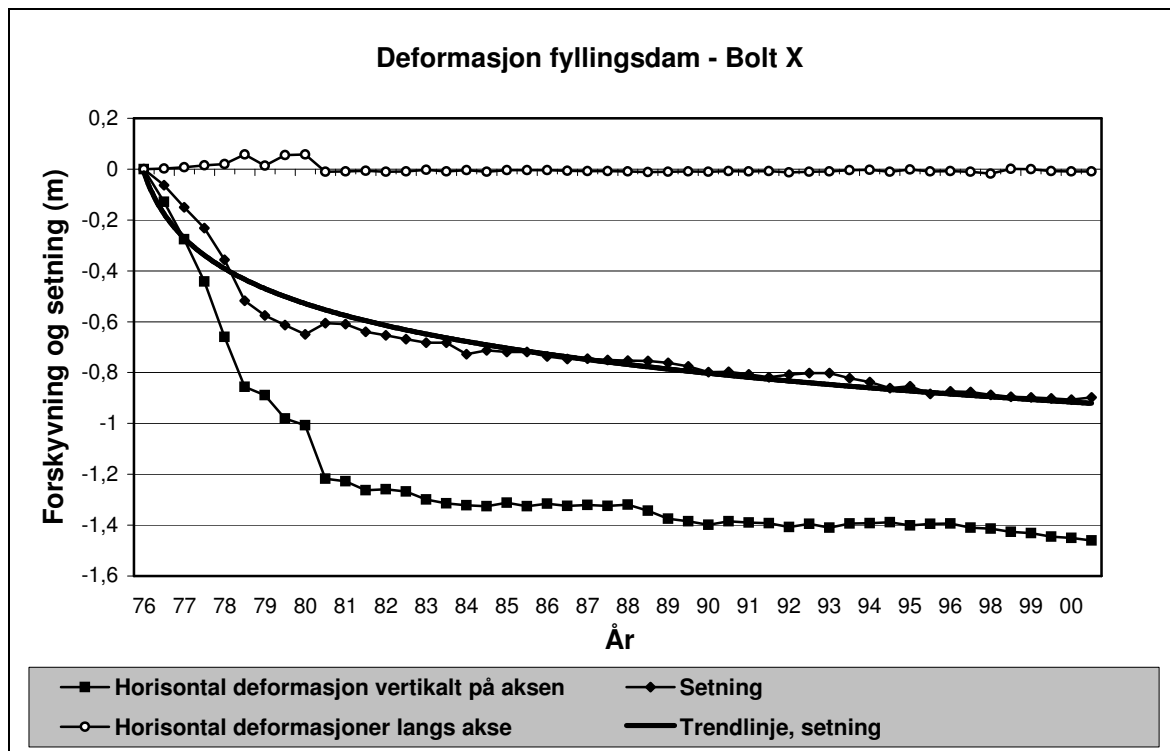


Figur A-2. Eksempel på presentasjon av radielle (horisontale) deformasjoner på en hvelvdam

Vedlegg A - Eksempel på grafisk presentasjon av måldata

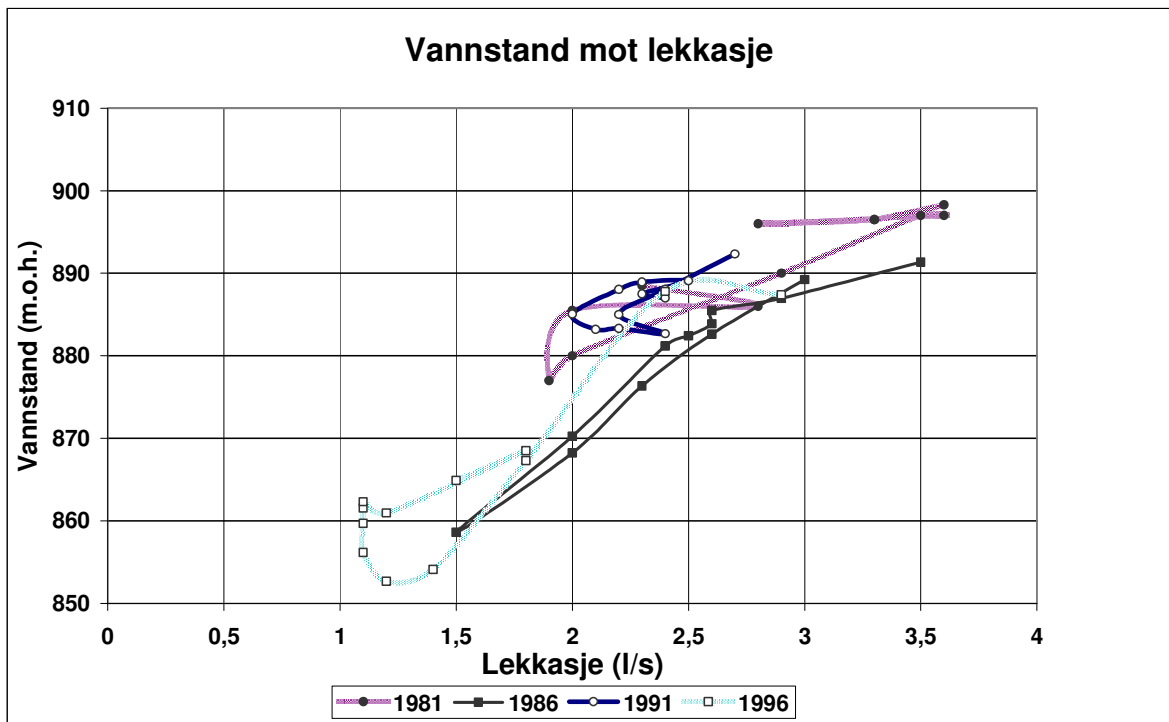


Figur A-3. Eksempel på presentasjon av poretrykk. Grenseverdi bør også legges inn i den grafiske presentasjonen. Grenseverdien vil i stor grad avhenge av en individuell vurdering ved hvert enkelt anlegg og er derfor ikke lagt inn i dette eksempelet.

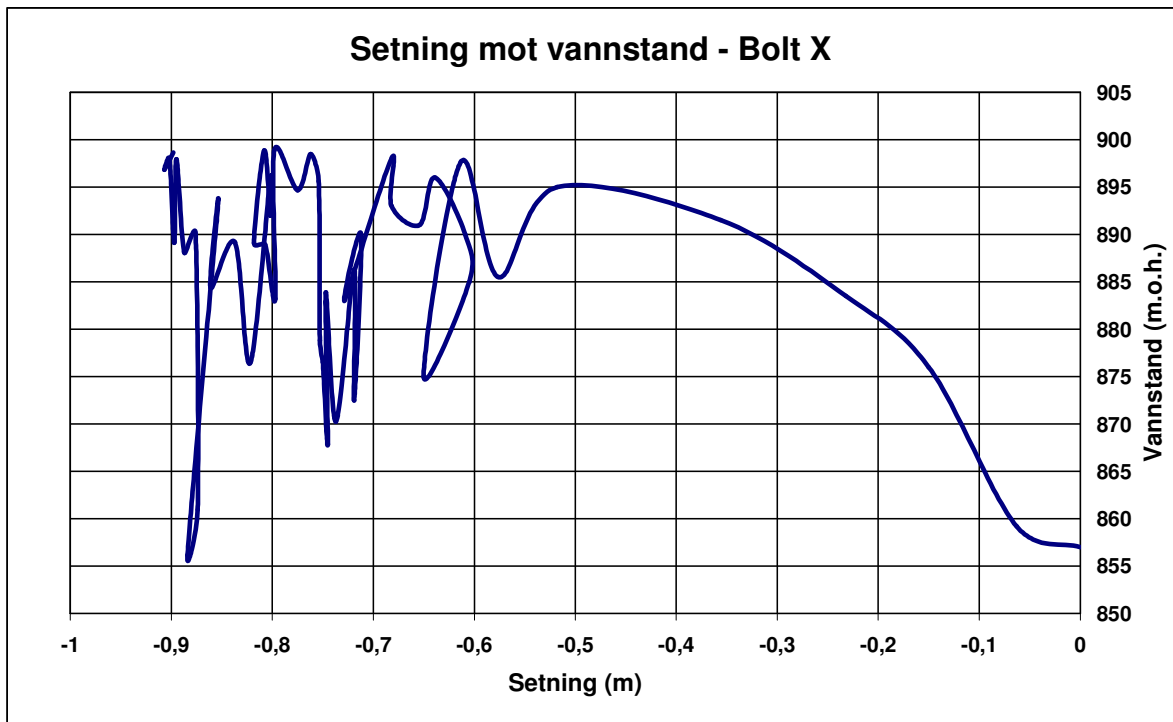


Figur A-4. Eksempel på presentasjon av deformasjoner ved en bolt. Horisontale forskyvninger og vertikale setninger er vist. Figuren er hentet fra EBL-Kompetanse, Måldata for dammer [8].

Vedlegg A - Eksempel på grafisk presentasjon av måldata

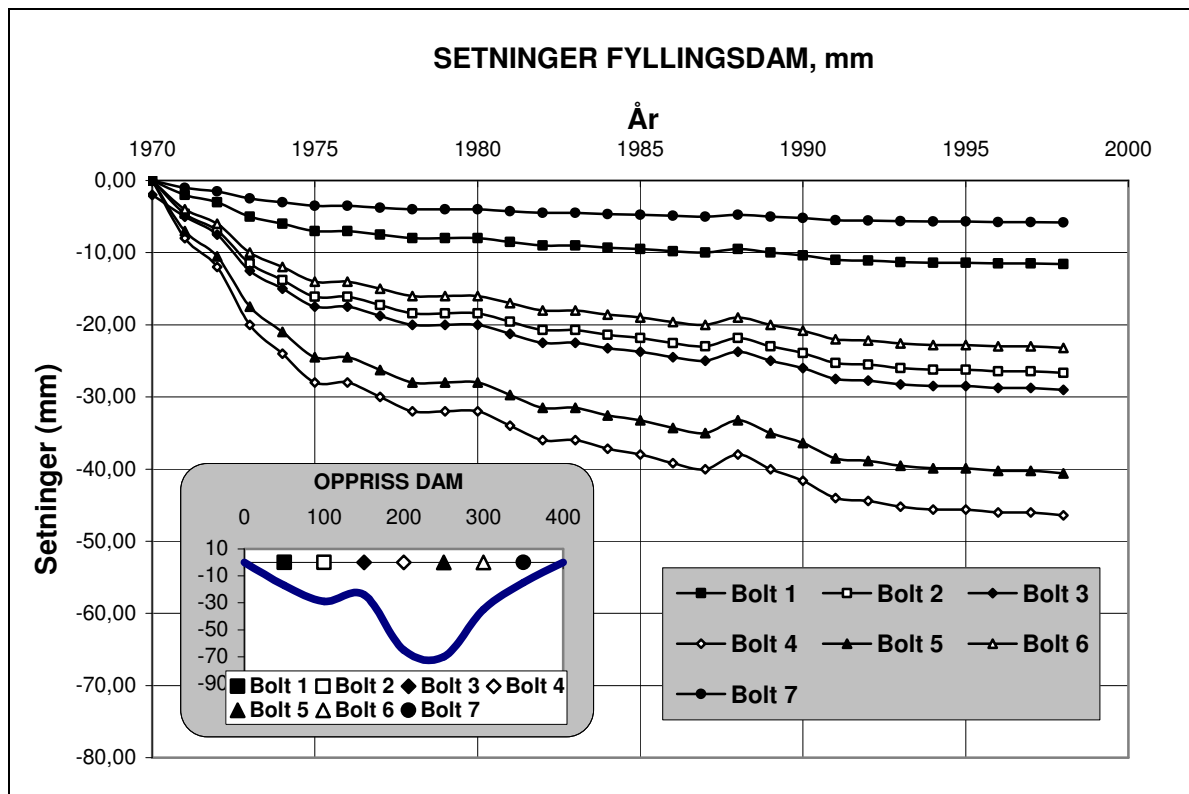


Figur A-5. Eksempel på presentasjon av vannstand mot måldata, i dette tilfelle lekkasje. Presentasjon av vannstand mot måldata kan i mange tilfeller avdekke oppførsel som ellers ikke ville bli oppdaget. Figuren er hentet fra EBL-Kompetanse, Måldata for dammer [8].

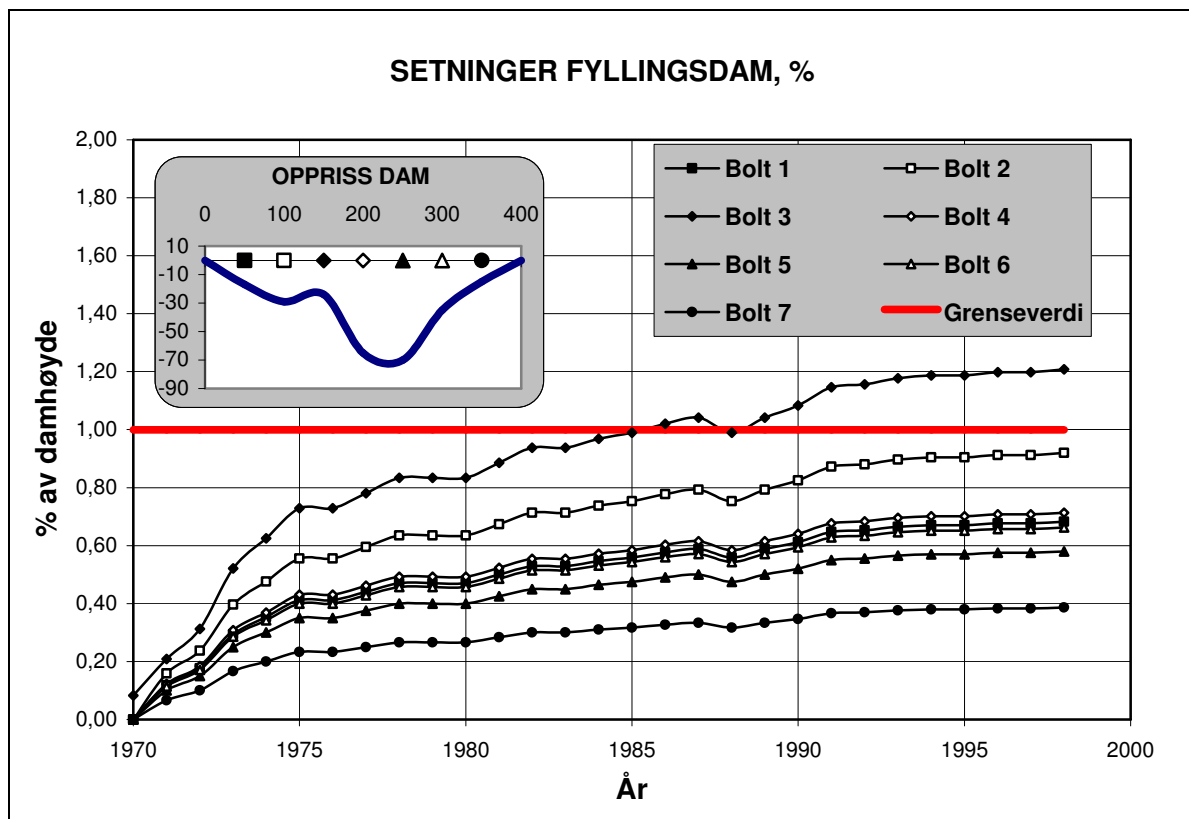


Figur A-6. Nok et eksempel på presentasjon av vannstand mot måldata, i dette tilfelle setninger. Figuren er hentet fra EBL-Kompetanse, Måldata for dammer [8].

Vedlegg A - Eksempel på grafisk presentasjon av måledata

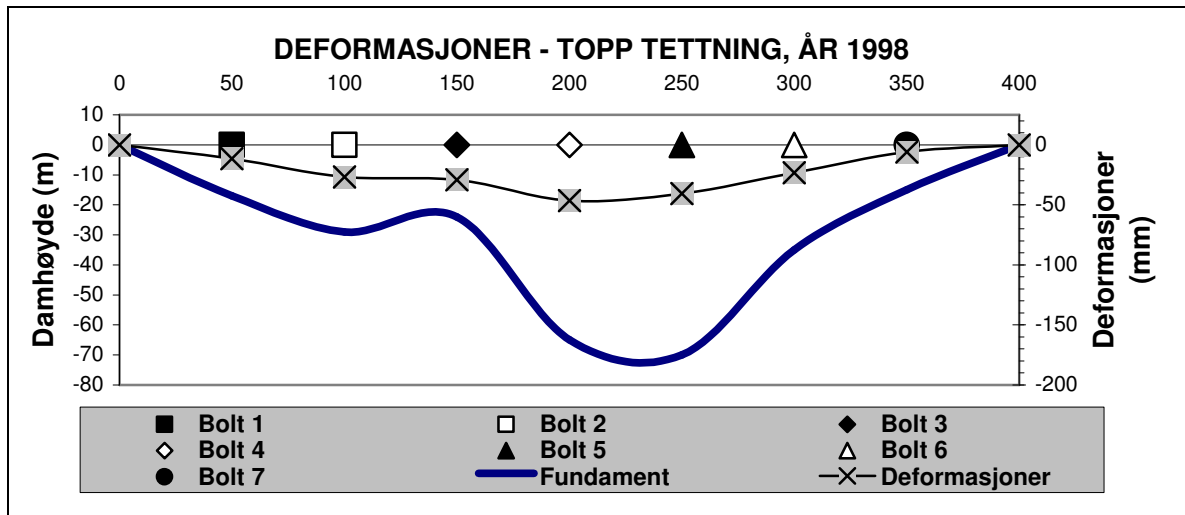


Figur A-7. Eksempel på presentasjon av setninger på kronebolter.

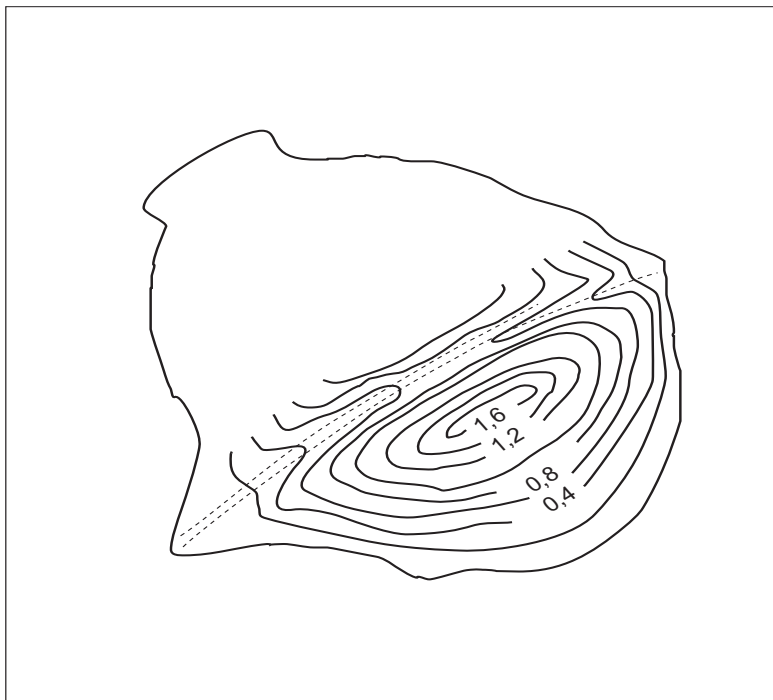


Figur A-8. Presentasjon av setninger på kronebolter i prosent av damhøyde. Se også figur A-7.

Vedlegg A - Eksempel på grafisk presentasjon av måledata



Figur A-9. Presentasjon av setninger på kronebolter vist i forhold til plassering av bolt på damkrone.



Figur A-10 –Horisontale og vertikale forskyvninger er presentert med konturlinjer for en fyllingsdam