

Ikke-destruktiv prøving Inspeksjonsmetodikk Akseptkriterier

NDT Brukermanual – Løpehjul i Kaplan- og rørturbiner

Revisjon no.	Formål	Utgitt
0	For utgivelse	28.02.2000

Enfo prosjekt ref.: Enfo – NFR P3.03 (P4.03)	Tilgang: Konfidensiell	Side: 1	av:
--	----------------------------------	-------------------	-----

INNHold

Del A: Inspeksjon i kraftverket

Innhold	2
1. Hensikt og gyldighet	4
2. Akseptkriterier	7
2.1 Soneinndeling	7
2.2 anbefalte akseptkriterier	7
3. Inspeksjonsstrategi	8
3.1 Områder og valg av inspeksjonsnivåer	8
3.2 Inspeksjonsintervaller	8
3.2.1 Inspeksjonsintervall i drift	8
3.2.2 Inspeksjoner foranlediget av spesielle forhold	9
3.2.2.1 Endret permanent driftssituasjon som påvirker spenningene i løpehjulet	9
3.2.2.2 Fremmedlegemer	9
3.2.2.3 Unormal rusing	9
3.2.2.4 Nødstop og store avslag	9
4. NDT-metodikk. Krav og anbefalinger	10
4.1 Krav til personell	10
4.2 Streng NDT-krav	10
4.3 Moderate NDT-krav	10
4.4 Beskjedne NDT-krav	11
4.5 NDT foranlediget av spesielle forhold	11
4.6 Beskrivelse av krav og anbefalinger til NDT-metodene	12
4.6.1 Magnetpulverprøving (MT)	12
4.6.2 Penetrantprøving (PT)	12
4.6.3 Virvelstrømprøving (ET)	13
5. Vurdering av indikasjoner	14
5.1 Generelt	14
5.2 Seigringer	14
5.3 Rapporteringsnivå	14
5.4 Akseptnivå	14
6. Tiltak og protokollføring	15
6.1 Retningslinjer for reparasjoner	15
6.1.1 Generelt	15
6.1.2 Reparasjoner	15
6.2 Protokoll	15

Del B: Inspeksjon i verksted

7. Metodikk for prøving av løpehjul i Kaplan- og rørturbiner	18
8. Akseptkriterier	18
9. Inspeksjonsstrategi	18
10. NDT-metodebeskrivelser	18
11. Vurdering av indikasjoner	18
12. Tiltak	18

Referanser	19
------------------	----

Del A

Inspeksjon i kraftverket

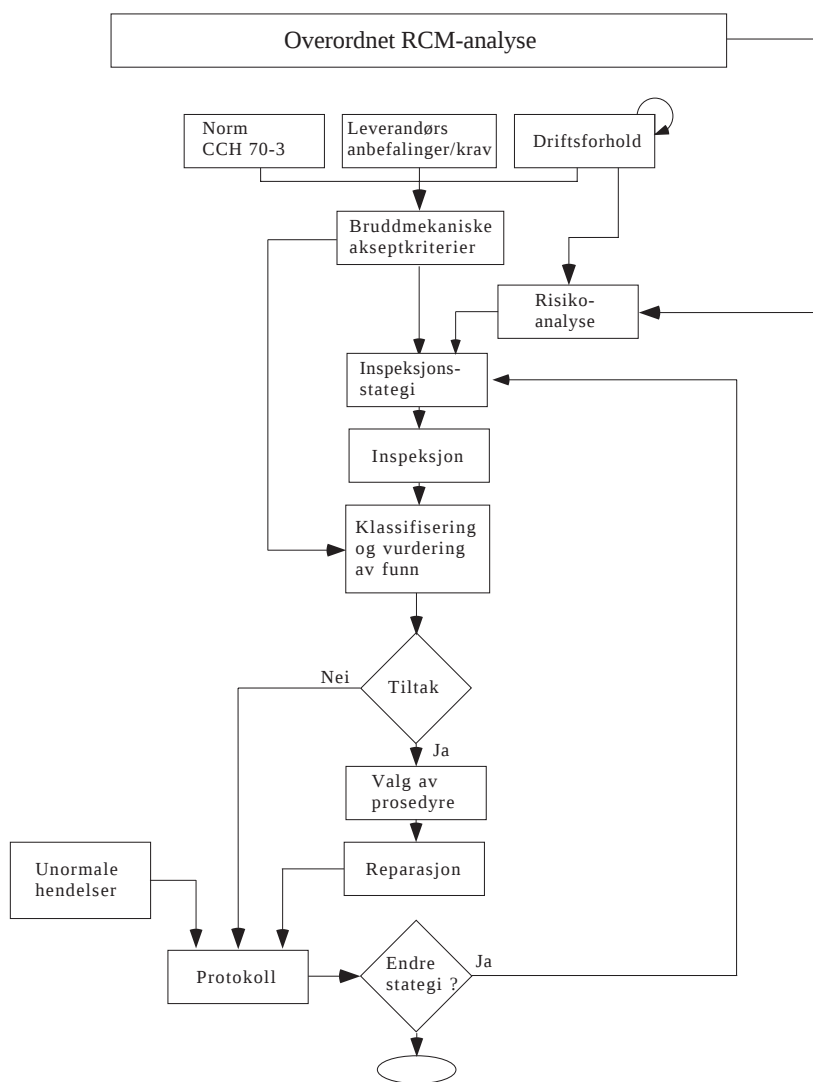
[Dette bladet bør erstattes av et skilleblad]

1. Hensikt og gyldighet

1. HENSIKT OG GYLDIGHET

Hensikten med denne manualen er å bedre og standardisere bruken av NDT (ikke-destruktiv prøving) på Kaplan løpehjul. Håndbøkene "Tilstandskontroll av vannkraftverk" som omhandler vannkraftturbiner (Utgitt av Enfo i 1994, ISBN 82-436-0150-8) er ikke spesielt detaljert i behandling av NDT. I lys av at bruken av NDT ofte har vært mangelfull og lite konsekvent, ble det besluttet å utarbeide denne rettleiingen for å bedre praksisen innen dette viktige området.

Flytskjemaet i figur 1.1 illustrerer systematikken som denne manualen følger.



Harald Rulaaen 1999-06-16/17X150.01

Figur 1.1. Illustrasjon av metodikk for bestemmelse av inspeksjonsrutiner.

Når et kraftverk har fullført utarbeidelsen av den overordnede vedlikeholdsanalyse (Reliability Centered Maintenance (RCM), eller pålitelighetsstyrt vedlikehold), vil det være kartlagt hvilke deler av kraftverket som trenger hvilken type inspeksjon.

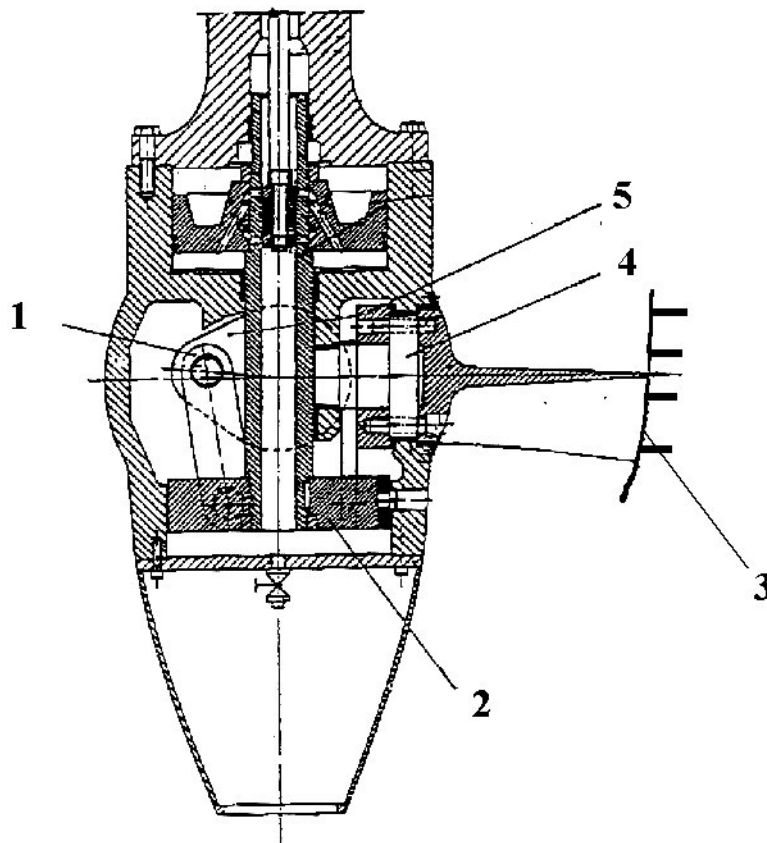
Manualen i de følgende kapitler beskriver på detaljnivå hvordan et Kaplan løpehjul skal undersøkes med ikke-destruktive prøvemetoder (NDT). Valget av NDT-metoder (kapittel 3 og 4) i de forskjellige områder på Kaplan løpehjul, er basert på bruddmekaniske beregninger og betraktninger (kapittel 2), og en inspeksjonsstrategi etter modellen i figur 1.1.

1. Hensikt og gyldighet

Av hensyn til omfanget av dette prosjektet er ikke inspeksjon av navet i Kaplanløpehjulet omtalt senere i manualen. Delene i navet er kun tilgjengelig før installasjon eller ved rehabilitering med fullstendig demontering. Navet inneholder imidlertid deler som får store påkjenninger, og som bør inngå i en helhetlig inspeksjonsstrategi i et kraftverk. Navene kan inndeles i tre typer som følger:

1. Nav med servomotoren på toppen av generatoren, og bevegelsen til lenker og armer overført via en strekkstang.
2. Nav med servomotoren over de vridbare tappene.
3. Nav med servomotoren under de vridbare tappene.

Tappene kan være støpt i ett med skovlene eller påskrudd skovlens flens.



Figur 1.2. Belastede deler i Kaplanløpehjulets nav (type 2).

1. Lenker.
2. Krysshode med tapper.
3. Løpehjulskammer.
4. Skovltapp (lager og flensforbindelse mot skovl).
5. Skovlarmer med tapper/skruer.
6. Navkropp. Store spenninger mellom skovlene for hjul med mange skovler.

Siden det er løpehjulet som er i fokus i denne manualen vil ikke en komponent som løpehjulskammeret bli diskutert inngående. Kammeret er normalt støpt med ribber. Løpehjulskammeret er utsatt for trykkbelastninger fra de roterende skovlbladene hver gang en skovl passerer. Løpehjulskammeret bør altså også inngå i en helhetlig inspeksjonsstrategi og –filosofi. Det kan generelt sies at inspeksjonsintervallene bør være hyppigere enn for skovlene, og minst en gang i året. Selv om løpehjulskammeret for vertikale Kaplanturbiner normalt er innstøpt i betong, vil undertrykket gi utmatingspåkjenninger som kan føre til utmattingssprekker.

Akseptkriteriene gitt i kapittel 2 har en innebygd sikkerhet basert på antatte belastningstilfeller på skovlene ved normal drift. Dersom det kan dokumenteres lavere belastninger enn forutsatt ved bestilling fra leverandøren, kan akseptkriteriene revurderes. Fagansvarlig må søke tilstrekkelig ekspertise for å vurdere endret inspeksjonsstrategi.

1. Hensikt og gyldighet

Manualen konsentrerer seg i første rekke om lineære indikasjoner (f.eks. sprekker) i overflaten og like under overflaten. Kapittel 5 gir føringer for vurdering av indikasjoner.

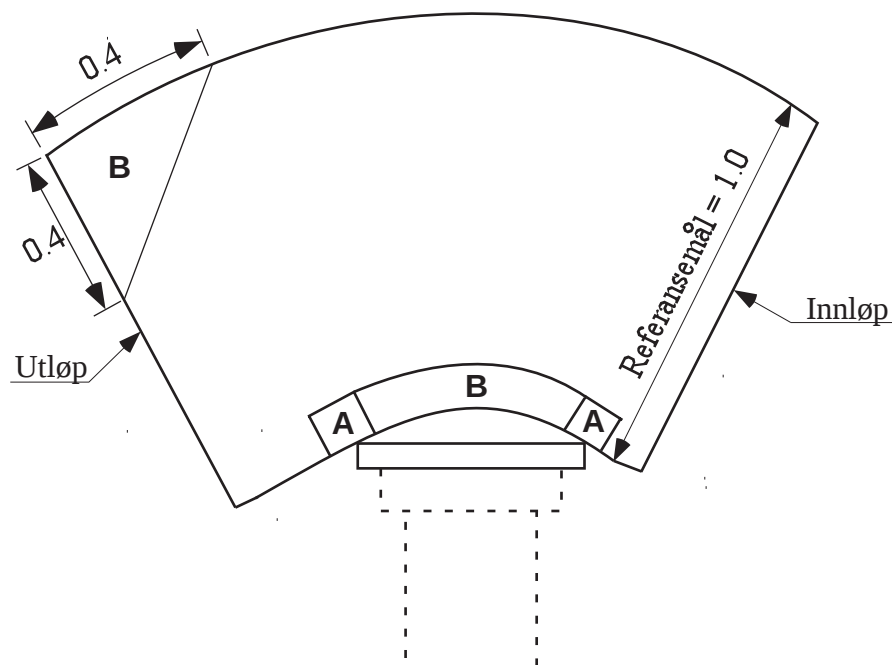
Dersom man med NDT-metoder registrerer indikasjoner eller dersom det registreres unormale hendelser, skal man følge visse retningslinjer og rutiner for reparasjoner og protokollføring. Dette er beskrevet i kapittel 6.

Utfyllende teknisk bakgrunnsstoff for denne NDT Brukermanual er gjengitt i egen teknisk rapport (ref. 3).

2. Akseptkriterier

2. AKSEPTKRITERIER

2.1 Soneinndeling



Figur 2.1. Soneinndeling av løpehjul etter spenningspåkjennte områder.
Bredden på områdene er 10% av referansemålet der ikke annet er angitt.

Sonene er delt inn i klasser. Klasse A har det strengeste kravet til feilstørrelse ut fra spenningsanalyser og erfaringer fra tidligere sprekkindikasjoner. Det er ikke skilt mellom trykk- og sugeside på skovlene, men startsted for sprekker finnes oftest på trykksiden der det er strekkspenninger. Soneinndelingen er da:

Soneinndeling	Kaplan
A	Området ved hulkile mot flens er vanskelig tilgjengelig.
B	Omfatter skovlrotens hulkile og forsenkninger for bolter på påskrudde skovler og ytre del av utløpskant. Omfatter også løpehjulskammeret.

Tabell 2.1. Soneinndeling på Kaplanløpehjul.

2.2 Anbefalte akseptkriterier

Tabell 2.2 angir anbefalte akseptkriterier for todimensjonale (lineære/plane) indikasjoner. Det vil si de krav som NDT-metodene må tilfredsstille. Enkelte leverandører kan ha strengere lokale krav til akseptkriterier.

Område	Påkjenning	Akseptkriterier (l x d) i mm.	Anmerkninger
A	Høy	3 x 1,5	Størstedelen av området kan være vanskelig å komme til da flaten er dekket av navet.
B	Middels	5 x 2,5	Trykksiden av skovlen har strekkspenninger, og utmattingsbrudd starter oftest fra trykksiden.

Tabell 2.2. Anbefalte akseptkriterier for Kaplanløpehjul.

3. INSPEKSJONSSTRATEGI

En overordnet inspeksjonsstrategi vil gi retningslinjer for **når** en inspeksjon skal utføres, **hvor** den skal utføres og **hvordan** den skal utføres.

- **Når** bestemmes ut fra valgte inspeksjonsintervaller (kap. 3.2)
- **Hvor** er bestemt ut fra de mest kritiske områder, med de alvorligste konsekvensene ved havari (kap. 3.1)
- **Hvordan** angir passende inspeksjonsmetode, som er framkommet ut fra analyse av kritiske feilstørrelser og konsekvenser (kap. 4).

3.1 Områder og valg av inspeksjonsnivåer

De to definerte områdene som omtales i denne manualen, A og B, er beskrevet i kapittel 2.

Kravene som skal stilles til NDT-metodene defineres etter utarbeidelse av risikoanalyse og inspeksjonsstrategi (tilsvarende som for Peltonløpehjulet, ref. 3). Kravene vil være

- Strengt
- Moderat
- Beskjedne

Ved å angi "moderat" eller "beskjedne" krav betyr ikke det an man skal lempe på nøyaktigheten og presisjonen ved bruk av en metode. "Moderat" betyr kun at man velger bruk av en enkelt metode og dermed aksepterer en lavere deteksjonssannsynlighet (POD, probability of detection) istedenfor en kombinasjon av to metoder for å oppnå bedre POD. "Beskjeden" betyr valg av en metode som i seg selv er mindre tid- og ressurskrevende, med en enda mindre POD.

Strengt NDT-krav

- | |
|-------------|
| 1. Område A |
|-------------|

Moderat NDT-krav

- | |
|-------------|
| 2. Område B |
|-------------|

Beskjedne NDT-krav

- | |
|----------------------------|
| 3. Områdene utenfor A og B |
|----------------------------|

Anbefalte NDT-metoder og kombinasjon av metoder i de ulike nivåer er beskrevet i kapittel 4.

3.2 Inspeksjonsintervaller

3.2.1 Inspeksjonsintervall i drift

Det forutsettes at løpehjulet blir grundig kontrollert ved overlevering fra produsent til kjøper. Feil som er oppdaget, men er innenfor akseptkriteriene, protokollføres for oppfølging (se kap. 6).

Løpehjul i tidlig driftsfase. Lastvekseltallet for Kaplanturbiner er lavt. Inspeksjonsintervallet i drift begrenses derfor til årlige inspeksjoner etter at garantitiden er over. Det anbefales imidlertid at hjulet inspiseres første gang senest ½ år etter igangsetting om ikke kontrakten for garantitiden sier noe annet.

Garantikontrollen (oftest etter 2 år) anses som den viktigste kontrollen sett fra kjøpers synspunkt. Det er derfor viktig at denne utføres grundig, da status her vil være med på å bestemme om intervallene fra årlig inspeksjon skal endres.

3. Inspeksjonsstrategi

Det totale antall lastveksler for et skovlblad regnes ut fra:

$$\text{Antall lastveksler} = n \cdot 60 \cdot N \cdot h$$

hvor

n = omløpstall (omdr./min)

N = antall stag i rørturbiner (vanligvis 2), for Kaplan-turbiner settes N=1¹

h = antall timer i drift

Typiske størrelser

Kaplan rørturbin. n = 100 omdr/min

Antall stag for rørturbiner vanligvis N = 2, en stagplate for Kaplan-turbiner N = 1

Driftstimer pr. år = 8500 timer (11 dager med stopp)

1 mnd = 8500/12 = 708 timer

1 dag = 24 timer

Eksempel på beregning av antall veksler for et skovlblad i en rørturbin:

1 time	1 dag	1 mnd	1 år	2 år	4 år	10 år
$1.2 \cdot 10^5$	$2.88 \cdot 10^5$	$8.5 \cdot 10^6$	$1.02 \cdot 10^8$	$2.04 \cdot 10^8$	$4.08 \cdot 10^8$	$1.02 \cdot 10^9$

3.2.2 Inspeksjoner foranlediget av spesielle forhold

Enkelte hendelser kan gi løpehjulet høye, kortvarige spenninger. Disse spenningene kan "rive opp" ikke-kritiske feil slik at de går over kritisk feilstørrelse.

Hendelsene er diskutert i avsnittene under.

3.2.2.1 Endret permanent driftssituasjon som påvirker spenningene i løpehjulet

Dersom kraftverket har en permanent endring av driftssituasjonen som påvirker spenningene i løpehjulet, bør man analysere situasjonen inngående gjennom en (ny) risikoanalyse. Eksempel på permanent endring:

Driften blir endret fra lange perioder med dellast til korte perioder med fullast, eller med økende antall start og stopp.

3.2.2.2 Fremmedlegemer

Generelt kan en si at smådeler som går gjennom Kaplan-turbiner ikke utgjør noen fare for bruddsikkerheten da løpeskovlene har store avstander. Dersom en ledeskovl eller flere kommer ut av stilling, og turbinen er i drift med "skjev" innstrømning over noen tid, bør løpehjulet kontrolleres mot kavitasjon og mulig sprekkdannelse.

3.2.2.3 Unormal rusing

Dersom aggregatet har gått mot unormal rusing (høyere enn garanti) må hjulet kontrolleres. Da skovlene har vært utsatt for store sentrifugalspenninger, må nav og skovlrot (ved område A og B) kontrolleres.

3.2.2.4 Nødstop og store avslag

Store avslag med lavt undervann kan medføre at vannstrengen ryker og løpehjulet løftes. Løpehjulet vil da gå mot "baktrustringen" når vannstrengen kommer tilbake og slår mot skovlene. Skovlene bør da kontrolleres enten med det samme eller etter kort driftstid. Det vil under slike forhold opptre strekkspenninger på skovlenes sugeside slik at søking etter mulige lineære indikasjoner bør konsentrere seg om sugesiden.

¹ Avstand fra ledeskovler til løpehjul er stor. For rørturbiner er vekseltallet (som høres) omløpstallet multiplisert med antall stag (normalt 2). For Kaplan-turbiner er vekseltallet (som høres) selve omløpstallet pga. den ene stagplaten mellom innløp og slutten av spiraltrommen.

4. NDT-METODIKK. KRAV OG ANBEFALINGER

Ved normal driftsinspeksjon (kapittel 4.2 og 4.3) vil aktuelle metoder være:

- Penetrantprøving (PT)
- Magnetpulverprøving (MT)
- Virvelstrømprøving (ET)

Ved stans av maskinen vil det være naturlig (og anbefalt) å samtidig utføre en visuell inspeksjon (VT) samtidig.

I denne manualen er hovedfokus satt på bruk av manuelle standard prøvemetoder. Hvis økt pålitelighet for å finne feil er ønsket kan det benyttes mer enn en av metodene i områdene for "moderate NDT-krav"².

NDT foranlediget av spesielle forhold kan involvere flere metoder enn de nevnt ovenfor. Se kapittel 4.5.

4.1 Krav til personell

Personell som utfører NDT på de viktigste områdene på skovlen, område A, skal være sertifisert Nivå 2 i henhold til NS-EN 473/Nordtest eller tilsvarende. Dette gjelder alle tre metoder: PT, MT så vel som ET.

Magnetpulver- og penetrantprøving i område B kan utføres av Nivå 1 personell under ledelse av Nivå 2, men det anbefales å benytte sertifisert Nivå 2 personell. Virvelstrømprøving (ET) anbefales utført av Nivå 2 personell.

4.2 Strengte NDT-krav

Løpehjulets områder som er mest kritiske (definert i kap. 3) krever de strengeste krav til NDT.

Ved normal drift vil det som regel være tilstrekkelig å benytte én av følgende metodikker (beskrevet i kap. 4.6):

- i) Magnetpulverprøving, fluorescerende teknikk. Prøvingen kan gjerne suppleres med virvelstrømprøving for å bedre påliteligheten i sprekkdeteksjonen, f.eks. ved enkelte inspeksjonsintervall.
- ii) Penetrantprøving, i kombinasjon med virvelstrømprøving.
- iii) Penetrantprøving, i kombinasjon med magnetpulverprøving.
- iv) Virvelstrømprøving. Prøvingen kan gjerne suppleres med magnetpulverprøving for å bedre påliteligheten i sprekkdeteksjonen.

Krav og anbefalinger knyttet til disse tre metodene for prøving av Kaplanløpehjul, er beskrevet i noe mer detalj i kapittel 4.6. Utvalgte NDT-prosedyrer er beskrevet i ref. 1, 3 og 4.

4.3 Moderate NDT-krav

I områdene der belastningene er mindre enn i områdene for "strengte NDT-krav", og der konsekvensene ved et eventuelt brudd er mindre (definert i kap. 3), bør NDT-omfanget gjenspeile dette.

Som en generell regel kan man her utføre MT, ET eller PT som frittstående enkeltteknikker uten behov for supplement av hverandre. Dette gjelder både i normal driftssituasjon og/eller foranlediget av spesielle forhold. Følgende alternativer er da å anbefale (metodene er beskrevet i kapittel 4.6):

- Magnetpulverprøving, fluorescerende eller farget teknikk.
- Penetrantprøving, fluorescerende eller farget teknikk.
- Virvelstrømprøving.

² Erfaringer fra andre felt viser at robotiserte eller automatiserte løsninger vil bedre påliteligheten av prøvingen. Dersom automatiserte inspeksjonsmetoder kan dokumentere resultater for Kaplanløpehjulet bør disse vurderes. I dag finnes det imidlertid ingen kommersielt tilgjengelige automatiserte løsninger.

4. NDT-metodikk. Krav og anbefalinger

- Visuell inspeksjon kombinert med penetrantprøving av løpehjulskammer og avløpsdel av skovl.

Krav og anbefalinger knyttet til disse tre metoder for prøving er beskrevet i mer detalj i kapittel 4.6. NDT-prosedyrer er beskrevet i ref. 1, 3 og 4.

4.4 Beskjedne NDT-krav

I områdene som er minst påkjent (definert i kap. 3), er det tilstrekkelig med visuell inspeksjon (VT). Visuell inspeksjon kan kombineres med andre prøvemeter for å vurdere generell tilstand. Magnetpulver- og penetrantprøving kan benyttes etter behov.

4.5 NDT foranlediget av spesielle forhold

Dersom det registreres store avslag eller rusing hvor vannstrengen ryker og /eller løpehjulet løftes, kan det på grunn av de store belastningene, være økt sannsynlighet for at indre feil/sprekker kan ha utviklet seg. Dette vil spesielt være tilfelle for sugesiden av skovlbladet, se kapittel 3.2.2. For derfor å bedre deteksjonspåliteligheten, både for overflatefeil og for overflatenære feil (ned til ca. 0,5 mm), anbefales det at prøvingen utføres mest mulig lik første driftsinspeksjon av nye hjul (eller reparerte hjul).

I områder med ”strengt NDT-krav” (kap. 3.1), anbefales det at prøvingen inkluderer en kombinasjon av to metoder:

Alternativ 1. Kombinasjon av MT og ET

Følgende kombinasjon anbefales:

- Magnetpulverprøving basert på bruk vekselstrøm (AC) eller halvbølgerikrettet strøm (HWDC) for å finne overflatesprekker (eventuelt litt under overflaten).
- Virvelstrømprøving med riktig valg av sonde og frekvens for å finne både overflatesprekker og sprekker inntil 0,5 mm under overflaten.

Alternativ 2. Kombinasjon av PT og ET

Følgende kombinasjon anbefales:

- Penetrantprøving for å finne rene og åpne overflatesprekker.
- Virvelstrømprøving med riktig valg av sonde og frekvens for å finne både overflatesprekker og sprekker inntil 0,5 mm under overflaten.

Alternativ 3. Kombinasjon av PT og MT

Følgende kombinasjon anbefales:

- Penetrantprøving for å finne rene og åpne overflatesprekker.
- Magnetpulverprøving basert på bruk av HWDC for å finne overflatenære feil.

Alternativ 4. Overflatemetode kombinert med ultralydprøving

Følgende kombinasjon anbefales:

- Penetrantprøving, virvelstrømprøving, eller Magnetpulverprøving.
- Ultralydprøving med krypbølgelydhode. Denne metoden er karakterisert med:
 1. Benytter trykkbølge i stor brytningsvinkel, slik at den forplanter seg like under overflaten.
 2. Er godt egnet til å finne plane feil (sprekker), vinkelrett på overflaten, fra overflaten og ned til minst 4-5 mm under overflaten.
 3. Metoden krever egen opplæring (på bruk av trykkbølge-vinkellydhoder) ut over standard ultralydprøving Nivå 2.

Metoden er detaljert beskrevet ved prosedyre i ref. 3 og 4.

4.6 Beskrivelse av krav og anbefalinger til NDT-metodene

4.6.1 Magnetpulverprøving (MT)

Magnetpulverprøving skal kun utføres på magnetiske stålkvaliteter (13/1-, 13/4- og 16/5-legeringer).

Sveis med ikke-artslikt tilsatsmateriale (magnetisk grunnmateriale og umagnetisk sveis) vil fremkalle falske indikasjoner. Metoden er ikke egnet i slike områder.

Magnetpulverprøvingen skal kjennetegnes med følgende krav:

- Fluorescerende metode er å foretrekke, spesielt på en glatt og fin overflate. Denne metode gir best følsomhet for små sprekker.

Hvis derimot overflatetilstanden er noe grov slik at den fluorescerende bakgrunnsstøyen blir betydelig, bør man vurdere å benytte farget (svart pulver) metode med kontrastfarge.

- Det skal benyttes vekselstrøm (AC) eller halvbølgerikrettet strøm (HWDC). AC er mest følsom for overflatesprekker. HWDC kan finne feil inntil 1-2 mm under overflaten, men neppe så små som 2x2 mm. HWDC har noe redusert følsomhet for overflatefeil.
- Våtpulver skal benyttes.
- Magnetiseringen kan utføres med bruk av strømaggregat og håndelektroder. Det må sikres svært god elektrisk kontakt mellom elektroder³ og metalloverflate. Minimumskrav til strømstyrke (toppverdi) gitt av:

$$I = 6 \text{ A/mm} \times \text{elektrodeavstand}$$

- Åkmagnet kan benyttes i alle områdene, også i områdene A og B dersom det er god kontaktflate mellom åkbeina og objektoverflaten. Løftekraften skal overstige 50 N.
- Personell som utfører MT skal være sertifisert Nivå 2 i henhold til NS-EN 473/Nordtest eller tilsvarende.
- Eventuelle malingsbelegg må ikke overstige 50 µm, uten at følsomheten svekkes. Hvis belegget er tykkere må det fjernes, eller så bør man vurdere å benytte virvelstrømprøving.
- For å bedre deteksjonspåliteligheten kan prøvingen suppleres med virvelstrømprøving. Prøvingen vil da også dekke overflatenære sprekker (ned til ca. 0,5 mm) på en betydelig bedre måte.

4.6.2 Penetrantprøving (PT)

Penetrantprøving regnes i mange tilfeller i driftsinspeksjon som en mindre sikker metode enn magnetpulverprøving (MT) og virvelstrømprøving (ET). Dette fordi sprekken kan være gjenklinet fra f.eks. sliping eller tett på annen måte. PT er imidlertid svært hensiktsmessig på Kaplanløpehjul der kravene til NDT-metoder er moderate eller beskjedne, og det er store flater som prøves effektivt med PT.

En prøving av Francisløpehjul med penetrantprøving skal utføres i henhold til prosedyre gitt i ref.1. Generelt skal denne type prøving kjennetegnes ved følgende krav:

- Fluorescerende metode er å foretrekke, spesielt på en glatt og fin overflate. Denne metode gir best følsomhet for små sprekker..

³ For å hindre metallurgiske skader bør f.eks. blysko eller bly-aluminiumslegerte sko brukes.

4. NDT-metodikk. Krav og anbefalinger

Hvis derimot overflatetilstanden er noe grov slik at den fluorescerende bakgrunnsstøyen blir betydelig, bør man vurdere å benytte farget (rød) metode.

- Penetranten skal enten være vannvaskbar, eller være basert på fjerning med løsningsmiddel.
- Det er meget viktig at skovlene er tørre og romtempererte. Dersom vann er tilstede kan det sperre for penetranten i en sprekkåpning, og dermed hindre inntrenging.
- Personell som utfører penetrantprøving i område A og B skal være sertifisert Nivå 2 i henhold til NS-EN 473/Nordtest eller tilsvarende

4.6.3 Virvelstrømprøving (ET)

Virvelstrømprøvingen skal kjennetegnes med følgende krav:

- Bruk av impedansplan-utstyr av type Hocking 2200 eller tilsvarende.
- Bruk av sveiseprobe (ca. 100 kHz), type Hocking 800P04 eller tilsvarende.
- Avsøking med 10% overlapp, og i to scan med probe dreid 45 grader i andre scan i forhold til det første.
- Eventuelle funn skal bekreftes ved bruk av en absoluttsonde (overflateprobe, 500 kHz) av type Hocking 105P4 eller tilsvarende. Funn kan med fordel dokumenteres med utskrift av skjermbildet.
- Personell som utfører ET skal være sertifisert Nivå 2 i henhold til NS-EN 473/Nordtest eller tilsvarende
- Supplerende NDT med magnetpulverprøving (eller penetrantprøving) vil øke deteksjonspåliteligheten for små overflatesprekker.
- Ved grove overflater vil ET miste følsomhet for de minste sprekkstørrelsene (typiske sprekk lengder mindre enn 3-5 mm).

5. VURDERING AV INDIKASJONER

5.1 Generelt

Ut fra bruddsikkerhet er det lineære indikasjoner (betraktet som sprekker) som i denne manualen vies oppmerksomhet. Hvis en NDT-operatør finner en indikasjon vil det normalt skje en vurdering opp mot

1. rapporteringsnivå

2. akseptnivå (akseptkriterier).

Disse nivåene er diskutert under i kap. 5.3 og 5.4.

5.2 Seigringer

En aktuell problemstilling ved støpegods er at seigringer i materialet gir falske indikasjoner ved magnetpulverprøving. Problemstillingen er særlig aktuell for støpte komponenter, dvs. skovler, nav og løpehjulskammer.

Merk: Løpehjulskammeret kan også være sveist, og da vil ikke seigringer finnes slik som i støpte komponenter. Evt. lineære indikasjoner som fremkommer vil med større sannsynlighet være sprekker.

Generelt er det svært viktig at operatøren er oppmerksom på problemet med seigringer og er nøye med verifisering av indikasjoner (f.eks. ved hjelp av PT begrenset til området for den aktuelle indikasjonen). I tvilstilfeller kan "replikaprøver" for undersøkelse i mikroskop vurderes.

5.3 Rapporteringsnivå

Rapporteringsnivået settes i forhold til hvor høyt informasjonsnivå som ønskes om løpehjulets tilstand. Et høyt (strengt) rapporteringsnivå vil gi mulighet til å følge en utvikling på indikasjoner der størrelsen er under akseptkriteriet.

For Kaplanløpehjul der brudd skyldes utmatting (sprekkvekst) er det ønskelig at alle indikasjoner rapporteres, dvs. føres inn i protokoll. Indikasjoner mindre enn akseptkriteriene protokollføres også.

5.4 Akseptnivå

Akseptnivå for sprekkindikasjoner settes ut fra bruddmekaniske og erfaringsmessige betraktninger, i denne sammenheng ut fra verdier på akseptkriterier gitt i kap. 2. Indikasjoner som vurderes større enn akseptabel størrelse vil medføre tiltak som beskrevet i kap. 6.

Alle indikasjoner som vurderes mindre enn akseptkriteriet vil, i Kaplanløpehjulets tilfelle, medføre protokollføring etter retningslinjer gitt i kap. 6.

6. TILTAK OG PROTOKOLLFØRING

6.1 Retningslinjer for reparasjoner

6.1.1 Generelt

Hvis reparasjoner av indikasjoner vurderes, bør fagansvarlig alltid hente inn nødvendig kompetanse. Det vil være en naturlig å henvende seg til leverandøren av løpehjulet, siden denne sitter med detaljert kunnskap, og vil ha synspunkter på hvordan ulike tiltak vil påvirke videre drift.

6.1.2 Reparasjoner

Enhver sprekkvekst eller feil større enn akseptkriteriet som påvises ved periodisk kontroll *må vurderes fjernet ved sliping med en gang*. Dersom slipedybden er for stor til å jevnes ut ved sliping på stedet, må hjulet demonteres og sveiserepareres. (Fortsatt drift med sprekkindikasjoner større enn akseptkriteriet kan føre til brudd.)

Sprekkindikasjoner i område A betraktes som så alvorlig at utbedring sterkt må vurderes utført før videre drift av hjulet. Ofte kan en sliping med polering være godt nok for midlertidig drift om ikke sprekken er for dyp. Leverandør må tilkalles i slike tilfeller.

Ved sveisereparasjoner må leverandørens anbefalinger følges, og helst overvåkes eller utføres av leverandør. I garantitiden må all reparasjon utføres av leverandør for ikke å miste garantiansvaret. Generelt må sveisereparasjoner i område A og B alltid utføres med artslikt tilsatsmateriale og varmebehandling (dette betyr at skovlen må demonteres).

Det må føres nøye protokoll over alle feilindikasjoner, også de med feilstørrelse mindre enn akseptkriteriet. Alle sveisereparasjoner må også føres inn på skjema da overgang mot sveis vises ved magnetpulverprøving.

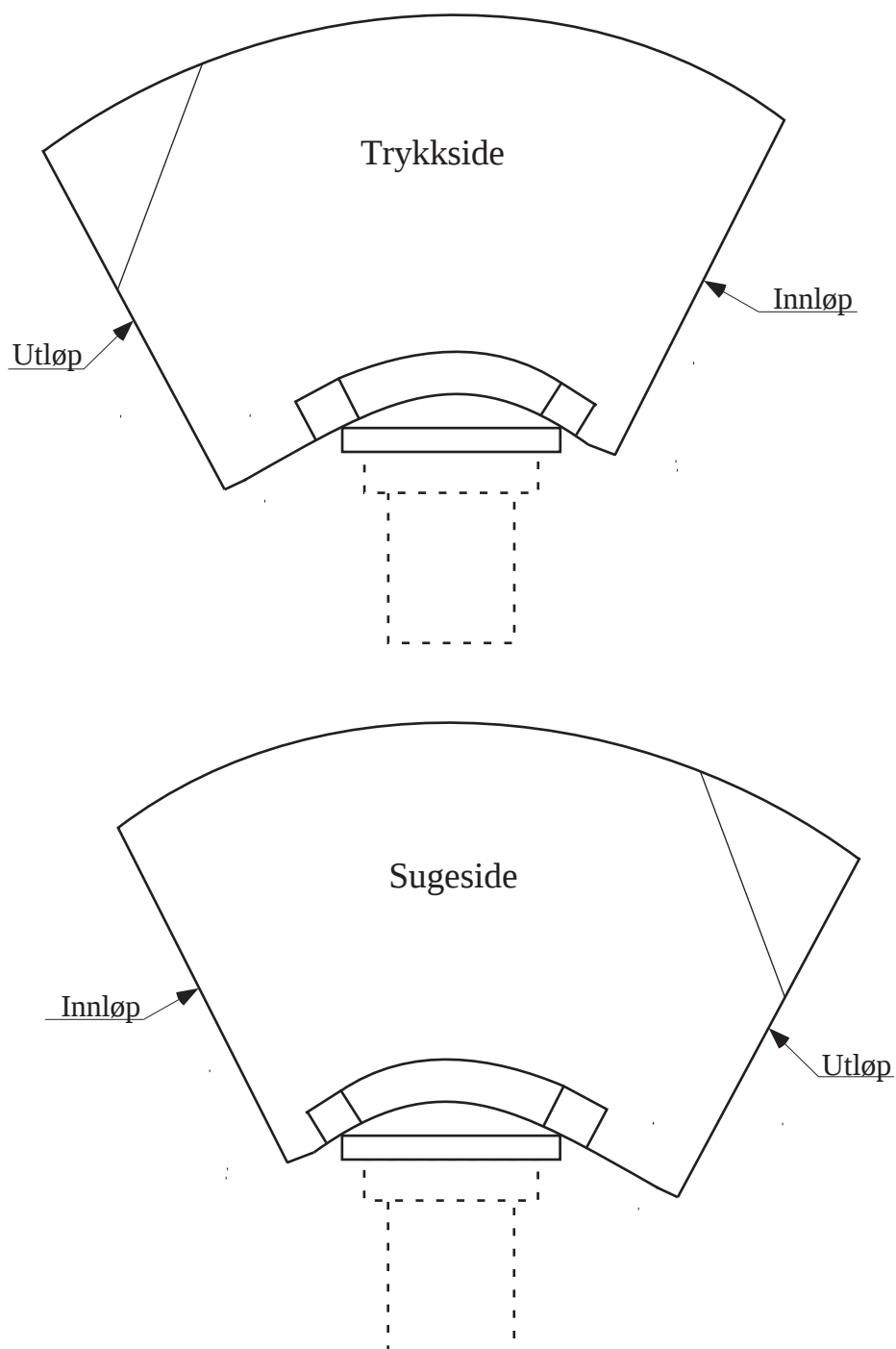
I garantiperioden har leverandøren ansvar for å utbedre skadene.

6.2 Protokoll

En protokoll skal utarbeides. Denne skal blant annet inneholde:

- a) Sporbar referanse til løpehjul (charge nr. eller fabrikkasjonsnr.).
- b) Sporbar referanse til benyttede NDT-metoder eller –teknikker (herunder utstyrsbeskrivelse).
- c) Operatørens navn og sertifikatnummer.
- d) Referanse til akseptkriterier.
- e) Alle indikasjoner funnet med NDT, og evt. endringer fra siste/tidligere rapporter.
- f) Alle betydelige endringer i driftsforhold eller hendelser av betydning for løpehjulets påkjenninger.
- g) Alle reparasjoner, inklusive elektrodetyper og om det er benyttet varmebehandling eller ikke.
- h) Skisse med opptegnelse av indikasjoner (eksempel på skisse er gitt nedenfor).
- i) Antall start/stopp per år.
- j) Statistikk over forekomst av indikasjoner i hvert inspeksjonsintervall.

6. Tiltak og protokollføring



Figur 6.1. Skisse for opptegnelse av indikasjoner.

Del B

Inspeksjon i verkstedet

[Dette bladet bør erstattes av et skilleblad]

7. METODIKK FOR PRØVING AV LØPEHJUL I KAPLAN- OG RØRTURBINER

Metodikk for NDT på løpehjul tatt inn til verksted for reparasjon bør avspeile inspeksjonsstrategien i kraftverket. Prøvingen må gjøres med metoder som er like gode eller bedre enn de som skal benyttes i kraftverket. I tillegg til prøving beskrevet i Del A, kapittel 4 i denne håndboken og i CCH 70-3, anbefales det å benytte ultralydprøving for å detektere plane feil (sprekker) under overflaten, og som ikke kan finnes med magnetpulverprøving eller virvelstrømprøving. Til dette kan det benyttes krypbølgeteknikk (prosedyre se ref. 4, vedlegg 3), standard puls-ekko-teknikk eller metoder som leverandøren foretrekker.

8. AKSEPTKRITERIER

Akseptkriteriene må være de samme eller strengere enn de som er beskrevet i Del A av manualen for driftsinspeksjonen.

9. INSPEKSJONSSTRATEGI

Inspeksjonsstrategien ved sluttkontroll og overtagelse av løpehjul i fabrikk må gjenspeile strategien anbefalt i drift. Se kap. 3 i Del A.

10. NDT-METODEBESKRIVELSER

I tillegg til MT, PT og ET beskrevet under Del A, kapittel 4 og i CCH 70-3, kan det være formålstjenlig å utføre krypbølgeteknikk med ultralyd for å avdekke plane feil liggende mer eller mindre vinkelrett på overflaten, og fra 0-5 mm ned under overflaten. Dette er beskrevet i ref. 4, vedlegg 3.

Ved sluttkontroll og overtagelse av løpehjulsskovler i verksted, anbefales også tradisjonell puls-ekko ultralydprøving (UT) eller radiografiprøving (RT) som beskrevet i CCH 70-3. Metodene vil gi gode deteksjonsmuligheter for innvendige feil. Da denne manualen har fokus på vedlikeholdsinspeksjon vil ikke UT eller RT diskuteres inngående her.

11. VURDERING AV INDIKASJONER

Vurdering av indikasjoner skal være i henhold til kapittel 5 i Del A.

12. TILTAK

Tiltak ved lineære indikasjoner vil være som beskrevet i fabrikkasjonsspesifikasjonene og leveransebetingelsene.

REFERANSER

- [1] CCH 70-3 1996. *Specification for Inspection of Steel Castings for Hydraulic Machines*
- [2] Enfo 1994. ISBN 82-436-0102-3. *Tilstandskontroll av vannkraftverk. HÅNDBOK - Turbiner*
- [3] Robit Dokument TR042990, *NDT Brukermanual – Peltonløpehjul*
- [4] Robit Dokument TR041990, *Teknisk bakgrunn for NDT Brukermanual*