



## Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transportsystemer



# Norsk Vann Rapport

(Tidligere NORVAR-rapporter)

Det utgis 3 typer rapporter:

## Rapportserie A:

Dette er de opprinnelige hovedrapportene. Dette kan være:

- Rapportering av prosjekter som er gjennomført innenfor organisasjonens eget prosjektsystem
- Rapportering av spleiselagsprosjekter hvor to eller flere andelseiere i Norsk Vann BA samarbeider for å løse felles utfordringer
- Rapportering av prosjekter som er gjennomført av andelseiere eller andre. Rapporten vil i slike tilfeller kunne være en ren kopi av originalrapporten eller noe bearbeidet

Fortløpende nummer xx-årstall

## Rapportserie B:

Dette er en serie for «enklere» rapporter, for eksempel forprosjekter, som vil være grunnlag for videre prosjektvirksomhet mm.

Fortløpende nummer Bxx-årstall

## Rapportserie C:

Dette er rapporter delfinansiert av Norsk Vann, men som er utgitt av andre.

Fortløpende nummer Cxx-årstall

Prosjektresultatene fra Norsk Vann Rapport (serie A og B) kan fritt benyttes internt i egen organisasjon. Når prosjektresultatene benyttes i skriftlig materiale, må kilde oppgis. Viderealg/formidling av resultatene utover dette er kun tillatt etter skriftlig avtale med Norsk Vann BA.

Norsk Vann har ikke ansvar for feil eller ufullstendigheter som måtte forekomme i rapporten og kan ikke stilles økonomisk eller på annen måte til ansvar for problemer som måtte oppstå som følge av bruk av rapporten.



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar  
Tlf: 62 55 30 30 E-post: [post@norskvann.no](mailto:post@norskvann.no)  
[www.norskvann.no](http://www.norskvann.no)

Forsidefoto: Arve Hansen, Einar Melheim

# Norsk Vann Rapport

## Norsk Vann BA

Adresse: Vangsvegen 143, 2321 Hamar  
Telefon: 62 55 30 30  
E-post: post@norskvann.no  
Internettadresse: norskvann.no

Rapportnummer: 196 - 2013
ISBN 978-82-414-0346-0 ISSN 1504-9884 (trykt utgave) ISSN 1890-8802 (elektronisk utg.)
Dato: 01. august 2013
Antall sider (inkl. bilag): 99
Tilgjengelighet: Åpen: x Begrenset:

Rapportens tittel: Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transportssystemer	
Forfatter(e): Jon Røstum og Stian Bruaset, SINTEF Anette Kveldevik Desjardins og Arve Hansen, Asplan Viak	
Ekstrakt: Rapporten viser et rammeverk for hvordan kommuner og VA-selskap systematisk bør jobbe med tilstandskartlegging og fornyelse av VA-ledningsanlegg. Rammeverket er basert på beste praksis internasjonalt, kombinert med praktiske erfaringer fra Norge knyttet til fornyelsesplanlegging og anleggsutførelse. Planlegging av fornyelse av ledningsnett er delt inn i tre ulike planleggingsnivå: <ul style="list-style-type: none"><li>- Strategisk nivå (hovedplan - langtidsplanlegging)</li><li>- Taktisk nivå (saneringsplan - prioritering av prosjekter)</li><li>- Operativt/teknisk nivå (årsplan - detaljprosjekt med valg av teknologi)</li></ul> Basert på kunnskap om ledningsnettets tilstand og de konsekvenser en eventuell svikt av ledning eller kum vil kunne få, kan fornyelsesbehovet estimeres og påvirkes. Det er viktig å identifisere og iverksette de riktige tiltakene slik at ressursene blir utnyttet på en best mulig måte. Det legges i veiledningen vekt på viktigheten av god datakvalitet i ledningsregistre. Dette gjelder både gode egenskapsdata som beskriver VA-infrastrukturen godt, og ulike data og erfaringer knyttet til driften av anleggene. I rapporten er det fokus på å vise gode eksempler og gi gode råd for hvordan planlegging og gjennomføring av fornyelse av VA-ledningsnett kan og bør utføres. Vedrørende fornyelsesmetoder er det lagt vekt på å gi en oversikt over grøftefrie metoder eller NoDig teknikk.	
Emneord, norske: Vann og avløp Ledningsnett Fornyelse	Emneord, engelske: Water and wastewater Networks Renewal

## Forord

Arbeidet med denne veiledningen har vært organisert under Norsk Vann og finansiert med midler fra Norsk Vann prosjekt.

Rapporten er utarbeidet av SINTEF og Asplan Viak, hvor følgende personer har bidratt:

- Jon Røstum, SINTEF
- Anette Kveldsvik Desjardins, Asplan Viak
- Arve Hansen, Asplan Viak
- Stian Bruaset, SINTEF

Arbeidsgruppe for ledningsnettfornyelse, som ble oppnevnt av Norsk Vann i 2011, har vært styringsgruppe for prosjektet:

- Bjørn Zimmer Jacobsen, Stavanger kommune
- Frode Berteig, Bærum kommune
- Lars Aksel Wermskog, Oslo kommune, VAV
- Arne Johansen, Nesodden kommune
- Trym Trovik, Bergen kommune

I tillegg har det vært utnevnt en referansegruppe, som delvis har deltatt i møter, og som har gitt innspill til rapporten i høringsrunde:

- Dag Lauvås, Drammen kommune
- Kristin Greiff Johnsen, Trondheim kommune
- Britt Helleren Jordhøy, Nøtterøy kommune
- Arne Christian Vangdal, Breivoll Inspection
- Gunnar Mosevoll, Skien kommune
- Trond Kaulum, Norsk Vann

Trond Andersen i Norsk Vann har vært prosjektleder.

Norsk Vann har utarbeidet rapport B17; Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren, hvor gjenanskaffelsesverdien for dagens vann- og avløpsanlegg er beregnet til 1053 milliarder kr, og kostnadene for å bringe anleggene opp til riktig standard i dag er beregnet til 200 milliarder kr. Dette inkluderer både offentlige og private anlegg.

For å finne ut riktig fornyelsestakt for den enkelte kommune er det viktig å kjenne tilstanden på ledningsnettet. Det kan variere mye fra kommune til kommune i hvilke perioder ledningene er lagt, og derved kvaliteten på anleggene. Kvaliteten på anleggene avhenger både av anleggsmessig utførelse og kvalitet på respektive rørmaterialer. Vi vet at ulike rør produsert i enkelte tidsperioder kan ha en dårlig eller usikker kvalitet.

Når en har funnet ut hvilke ledninger som bør fornyes (og når), står en overfor valg av fornyelsesmetode. I mange tilfeller kan det være aktuelt med konvensjonell graving og legging av nytt ledningsnett, men siden denne utførelsen er relativt godt kjent, er det i denne rapporten lagt vekt på å gi en oversikt over grøftefrie metoder eller NoDig teknikk. Vedrørende konvensjonelle grøfter vises det til andre rapporter og veiledninger, VA/Miljøblad, lærebok i VA-teknikk mv. Til orientering startes det nå også opp et nytt prosjekt: «Sikring av kvalitet på ledningsanlegg», som vil ta for seg planlegging og gjennomføring av VA-anlegg. Rapport ventes ferdig høsten 2014.

Arbeidsgruppa for ledningsnettfornyelse i Norsk Vann har parallelt med arbeidet med denne veiledningen arbeidet med spørsmålet om hva som er riktig fornyelsestakt. Resultatene fra dette arbeidet vil bli kommunisert senere via Norsk Vann.

Hamar, 01. august 2013  
Trond Andersen

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>2</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>English summary</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>7</b>
1.1. Målet med veiledningen .....	8
1.2. Rapportens oppbygging .....	9
1.3. Faktorer som medfører behov for ytterligere fokus på fornyelse av VA-ledninger .....	9
<b>2. Overordnet rammeverk for systematisk fornyelse av vann- og avløpsnett</b> .....	<b>11</b>
2.1. Kontinuerlig fornyelsesarbeid .....	11
<b>3. Før arbeidet starter - gode grunnlagsdata</b> .....	<b>16</b>
3.1. Viktigheten av gode data .....	16
3.2. Egenskapsdata for ledninger og kummer .....	17
3.3. Driftsdata for ledninger og kummer .....	18
3.3.1. Ekstra søkelys på kummer .....	18
3.4. Eksempler på mangler og feil i ledningsdata .....	18
3.5. Løsninger for kommuner/VA-verk som sliter med å registrere data i ledningsregistre .....	20
<b>4. Strategisk fornyelsesarbeid - langtidsplanlegging</b> .....	<b>22</b>
4.1. Fastsettelse av mål og krav .....	22
4.2. Diagnose og prognose for planlegging av omfang .....	24
4.3. Eksempler på strategiske valg .....	26
4.3.1. Kommunale ledninger .....	26
4.3.2. Kommunale kummer .....	27
4.3.3. Private stikkledninger .....	27
<b>5. Taktisk fornyelsesarbeid - prioritering av prosjekter</b> .....	<b>30</b>
5.1. Introduksjon til hvordan organisere taktisk planlegging på vann og avløpsnettet .....	30
5.2. Historisk anleggsutførelse og materialvalg .....	32
5.3. Mål og krav. Funksjonsindikatorer .....	34
5.4. Tilstandsvurdering av vann- og avløpsledninger .....	34
5.4.1. Temakart og rapporter fra ledningsregistre som grunnlag for tilstandsvurdering .....	35
5.4.2. Metoder for tilstandsvurdering av vannledningsnett .....	40
5.4.2.1. Lekkasjesoner og lekkasjesøking .....	40
5.4.2.2. Direkte måling av godstykkelse på metalliske rør .....	43
5.4.2.3. Feilårsaker og tilstandsvurdering av plastledninger .....	44
5.4.2.4. Tilstandsmodellering av vannledninger med statistiske modeller .....	45
5.4.3. Metoder for tilstandsvurdering av avløpsnett .....	47
5.4.3.1. Rørinspeksjon/videoundersøkelse av avløpsledninger .....	47
5.4.3.2. Tilstandsundersøkelser av vassdrag som informasjonskilde .....	49
5.4.3.3. Data fra driftskontrollanlegg .....	49
5.4.3.4. Statistisk modellering av tilstand på avløpsledninger basert på rørinspeksjon .....	50
5.5. Tilstandsvurdering av kummer .....	51
5.5.1. Vannkummer .....	51
5.5.2. Avløpskummer .....	53
5.6. Sårbare ledninger og kummer .....	54
5.6.1. Vannledninger/vannkummer .....	54
5.6.2. Avløpsledninger og avløpskummer .....	56
5.7. Prioritering av ledninger for fornyelse .....	57
5.8. Alternative tiltak til fornyelse av ledning .....	63

<b>6. Operativt/teknisk fornyelsesarbeid</b> .....	<b>65</b>
6.1. Mål og krav, funksjonsindikatorer .....	65
6.2. Riktig valg av fornyelsesmetode .....	65
6.2.1. Klassifisering av NoDig-metodene .....	68
6.2.2. Nytt rør i jomfruelige masser .....	68
6.2.3. Rørrinnføring ("Relining")/nytt rør .....	69
6.2.4. Utblokking/nytt rør .....	70
6.2.5. Strømper for avløp .....	71
6.2.6. Tetttilsluttet rør .....	72
6.2.7. Strømper for vannledninger .....	73
6.2.8. Belegg .....	74
6.2.9. PE-rør .....	75
6.3. Punktreparasjoner .....	76
6.4. Renovering av kummer .....	77
6.5. Stikkledninger .....	77
6.6. Nyanlegg .....	79
6.7. Levetid for fornyelsesmetoder .....	80
6.8. Anskaffelseskonkurranse mellom ulike fornyelsesmetoder.....	82
6.9. Kostnader for NoDig-metoder .....	84
6.10. Offentlige innkjøp og miljømessige konsekvenser .....	86
<b>7. Referanser</b> .....	<b>89</b>
<b>Vedlegg A:</b> .....	<b>90</b>
<b>LTP/KANEW - program for beregning av langsiktig fornyelsesbehov</b> .....	
<b>Vedlegg B:</b> .....	<b>93</b>
<b>Beskrivelse av metode for analyse av hydraulisk leveringssikkerhet på vannledningsnettet – REL</b> .....	
<b>Vedlegg C: Detaljerte modeller for tilstandsvurdering</b> .....	<b>95</b>
C1: Metode/modell for modellering av brudd på vannledninger.....	95
C2: Statistisk modellering av tilstandsutvikling på avløpsledninger.....	97
<b>Vedlegg D:</b> .....	<b>99</b>
<b>Eksempel prioritering av vannledninger for fornyelse basert på bruddstatistikk</b>	

## Sammendrag

Vann og avløpsanlegg utgjør en viktig del av samfunnets kritiske infrastruktur. Det er viktig at vann og avløpsnett har en slik tilstand at vannledningsnett kan levere sikkert og godt drikkevann og at avløpsnett kan samle opp og lede vekk avløpsvann på en trygg og god måte. For å få dette til er det viktig med god tilstand på ledningsnett. Det er mange faktorer som påvirker tilstandsutviklingen og behovet for fornyelse av ledningsnett. Ledningsnett i seg selv forfaller, men også eksterne forhold slik som klimaendringer, demografiske endringer, utbygging av annen infrastruktur, implementering av Vannforskriften, sterkere søkelys på bærekraft, redusert energibruk og samfunnets økte krav til VA-systemene vil påvirke fornyelsesplanleggingen av VA-ledningsnett.

Det er utarbeidet et rammeverk for hvordan VA-verk systematisk bør jobbe med tilstandskartlegging og fornyelsesplanlegging av VA-ledningsanlegg. Rammeverket er basert på beste praksis internasjonalt, kombinert med praktiske erfaringer fra Norge knyttet til fornyelsesplanlegging og anleggsutførelse. Planlegging av fornyelse av ledningsnett er delt inn i tre ulike planleggingsnivå:

- Strategisk nivå (hovedplan - langtidsplanlegging)
- Taktisk nivå (saneringsplan - prioritering av prosjekter)
- Operativt/teknisk nivå (årsplan - detaljprosjekt med valg av teknologi og gjennomføring)

Basert på kunnskap om ledningsnettets tilstand og de konsekvenser en eventuell svikt av en ledning eller kum vil kunne få, kan fornyelsesbehovet estimeres og påvirkes. Det er viktig å identifisere og iverksette de riktige tiltakene slik at ressursene blir utnyttet på en best mulig måte. Det legges i veiledningen vekt på viktigheten av god datakvalitet i ledningsregistre. Dette gjelder både gode egenskapsdata som beskriver VA-infrastrukturen godt, og ulike data og erfaringer knyttet til driften av anleggene.

I rapporten er det lagt vekt på gode eksempler og råd for hvordan planlegging og gjennomføring av fornyelse kan og bør utføres, og det fokuseres både på ledninger og kummer for vann og avløp. Hvert kapittel inneholder bl.a. sjekklister som kan være til hjelp for bedre planlegging av ledningsnettfornyelsen.

Når det gjelder valg av fornyelsesmetode er det i denne rapporten fokusert på No-Dig metoder i kapittel 6. Dette fordi det er teknologi som ikke er like godt kjent for alle. Likevel kan konvensjonelle grøfter med full utskifting av rør kan i mange tilfelle være riktig løsning.

Vi håper veiledningen kan være et nyttig hjelpemiddel for å utføre fornyelsen til rett tid, slik at ressursene som ligger i ledningsnett forvaltes best mulig, samtidig som det er viktig å opprettholde et tilstrekkelig nivå for driftssikkerhet, siden samfunnet er avhengig av gode vann- og avløpstjenester.

## English summary

This report is published in Norwegian by Norwegian Water BA (Norsk Vann BA).

Address: Vangsvegen 143, NO-2321 Hamar, Norway  
Phone: + 47 62 55 30 30  
E-mail: post@norskvann.no  
Website: www.norwegian-water.no / www.norskvann.no

Report no: 196 - 2013  
Report title: Guideline for condition analyses and renewal of water and wastewater networks  
Date of issue: 01. August 2013  
Number of pages: 99

Keywords: Water and wastewater  
Networks  
Renewal

Author: Jon Røstum, Anette Kveldsvik Desjardins, Arve Hansen and Stian Bruaset

ISBN: 978-82-414-0346-0  
ISSN 1504-9884 (printed edition)  
ISSN 1890-8802 (electronic edition)

### Summary:

Water and wastewater networks are critical infrastructures. The structural condition of these infrastructures is therefore important. The purpose of this report is to present guidelines for asset management of water and wastewater networks. The work is based on state of the art in asset management in combination with practical experience on pipe rehabilitation in Norway.

The asset management of water systems considers the following planning levels:

- The **strategic level** defines the **direction** in which the organization wants to go in a long term, in relevant aspects to the asset management of infrastructure
- The **tactical level** defines the **path** in the medium term, establishing priorities for intervention and possible solutions
- At the **operational level** the defined path is followed, in a short-term, and includes the **implementation** of measures

The guideline includes practical examples on how rehabilitation is planned. Each chapter includes recommendation and checklist for better rehabilitation planning of water and wastewater networks.

## 1. Innledning

*«I min tid som teknisk sjef fikk jeg spørsmål fra en lokal politiker om hva som er forventet levetid på ledningsnett. Jeg ga et omtrentlig svar. I neste møte kom det samme spørsmålet igjen. Jeg svarte da at ledningsnett på mange måter kan sammenlignes med menneskekroppen. Opp til 60 - 70 år vil funksjonen normalt være god, forutsatt bra vedlikehold. Ved 70 - 80 år må det forventes økende grad av lekkasjer. Fra 80 - 90 år vil vedlikeholdsbehovet øke betydelig. Eventuell levetid etter 100 år må betraktes som ren bonus.»*

*Einar Melheim, direktør Norsk Vann*

Avhengig av kvalitet på utførelse og aldringsprosesser, kan en risikere at vannledningene etter hvert begynner å lekke, og en kan også få vannledningsbrudd. På avløpssiden kan det tilsvarende oppstå utlekking av avløpsvann til nærliggende vassdrag, og ledninger kan kollapse med fare for oppstuvning i kjellere ol. Det er store verdier som ligger under bakken. Dersom man skulle skiftet ut hele VA-ledningsnett på en gang, ville dette kostet mer enn 1000 milliarder kr<sup>1</sup>. På grunn av de store verdiene som VA-systemene representerer, er det viktig å fornye de rette ledningene til rett tid og med riktig metode.

Utfordringene for vann- og avløpsnett er mange. I media hører en jevnlig om økt fornyelsesbehov for VA-ledningsnett. De forventede klimaendringene vil særlig sette avløpsnett på prøve, og en av konklusjonene fra klimatilpasningsutvalget (NOU 2010:10) var at det norske avløpsnett har et "tilpasningsunderskudd" med hensyn til vedlikehold. Byene er forventet å vokse med 20-30 % i løpet av de neste 20-30 årene. Klimaendringer er ventet å føre til mer intense regnskyll og etterfølgende avrenning. Både urbanisering og avrenning medfører behov for økt kapasitet for vanntransport i ledningsnett. Økte krav til minimering av energibruk vil påvirke de tekniske løsningene som velges.

Rapportering fra norske kommuner til staten via KOSTRA, tilsier at gjennomsnittlig fornyelse av vann og avløpsnett i Norge er under 1 % pr år. I gjennomsnitt vil det da ta mer enn 100 år å skifte ut hele ledningsnett. Fra en del hold har det blitt fremmet ønske om at fornyelsesbehovet må økes. Tall som 2 % årlig fornyelseslengde har vært nevnt fra flere hold. Det er en for enkel og unyansert tilnærming til problemet å foreslå en slik gjennomsnittlig fornyelse i alle kommuner. Det er store forskjeller fra kommune til kommune. Noen kommuner har et gammelt ledningsnett, mens andre kommuner har et nyere ledningsnett. Det vil også kunne være store forskjeller innad i samme kommune avhengig av rørmateriale, grunnforhold, belastning etc. Samordning med utbygging av annen type infrastruktur (veg, bane, utbygging etc.) er også i mange tilfeller en viktig pådriver for fornyelse av VA-ledninger.

**Alder på ledninger er ikke egnet som det eneste kriteriet for å fastsette behovet for fornyelse. VA-ledningsnett fortjener et videre perspektiv!**

Det er også store forskjeller mellom norske kommuner/VA-verk når det gjelder størrelse. Store bykommuner har ofte de eldste ledningsnettene, som er bygget ut etappevis, og med et mangfold av ulike rørmaterialer. Disse kommunene har behov for, og ressurser til (både økonomisk og personell) å foreta grundige analyser. Men selv for kommuner som benytter avanserte metoder er det viktig at fundamentet er på plass. Dette inkluderer gode rutiner for innsamling av data (egenskapsdata og driftsdata) og lagring av en del basisinformasjon.

<sup>1</sup> Rapport B17/2013 "Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren". Norsk Vann.



Figur 1. Sprukket ledning av PVC  
(Foto: Øvre Eiker kommune)



Figur 2. Ledning av grått støpejern  
som har blitt skiftet ut (Foto: SINTEF)

Mangelfulle data er en utfordring selv i de største kommuner, og i veiledningen legges det vekt på viktigheten av å registrere data. De små kommunene benytter stort sett de mest grunnleggende metodene innen forvaltning av ledningsnett. Dette vil veiledningen beskrive, for så å gå dypere inn i de mer beskrivende metodene og teknologiene som anvendes av medium og store kommuner. Vi vil i veiledningen fokusere både på ledninger og på kummer, for vann og avløp.

Basert på kunnskap om ledningsnettets tilstand, og de konsekvenser en eventuell svikt av ledning eller kum vil kunne få, kan fornyelsesbehovet estimeres og påvirkes. De ledninger og kummer som har størst behov for fornyelse, bør fornyes først. Fornyelsen av disse ledningene bør skje på grunnlag av tilstandsundersøkelser, og slike er beskrevet i rapporten. Hvis ingenting gjøres vil det bli flere brudd, lekkasjene vil øke og driftssikkerheten svekkes. Derfor bør VA-nettet driftes og vedlikeholdes aktivt. For å finne ut omfang, og hvilke tiltak som er nødvendige, er det behov for å gjennomføre et sett av tilstandsundersøkelser som settes inn i en plansammenheng. Dette er behandlet i denne rapporten.

I hvilken grad ledningsnettets i en kommune står overfor en "forfallsbølge", må avgjøres lokalt basert på egne data. Hvis resultatene fra analyser viser at det blir en stor økning i fornyelsesbehovet, er det viktig at en ser behovet tidlig, slik at en kan innarbeide dette i planarbeidet og gjennomføre nødvendige tiltak. Dersom en ikke gjennomfører de nødvendige analyser av fremtidig fornyelsesbehov, og følgelig ikke skifter ut de ledningene som har størst behov for fornyelse, er det stor fare for at forfallsbølgen på VA-nettet kommer. Det faktum at mange VA-verk/kommuner også står foran en forfallsbølge/eldrebølge på menneskssiden, ved at mange dyktige VA-ingeniører snart skal pensjonere seg, gjør ikke situasjonen noe bedre. Det er viktig at den kunnskapen som disse ressurspersonene besitter, blir tatt vare på og brukt i fornyelsesarbeidet av den kritiske infrastrukturen som vann og avløpsledningsnettets er.

### 1.1. Målet med veiledningen

Hovedmålet med utarbeidelse av en veiledning i tilstandskartlegging og fornyelsesplanlegging av VA-ledningsanlegg har vært:

Å hjelpe kommuner og VA-selskaper med å foreta riktige beslutninger knyttet til fornyelsesplanlegging ved å utarbeide en veiledning som:

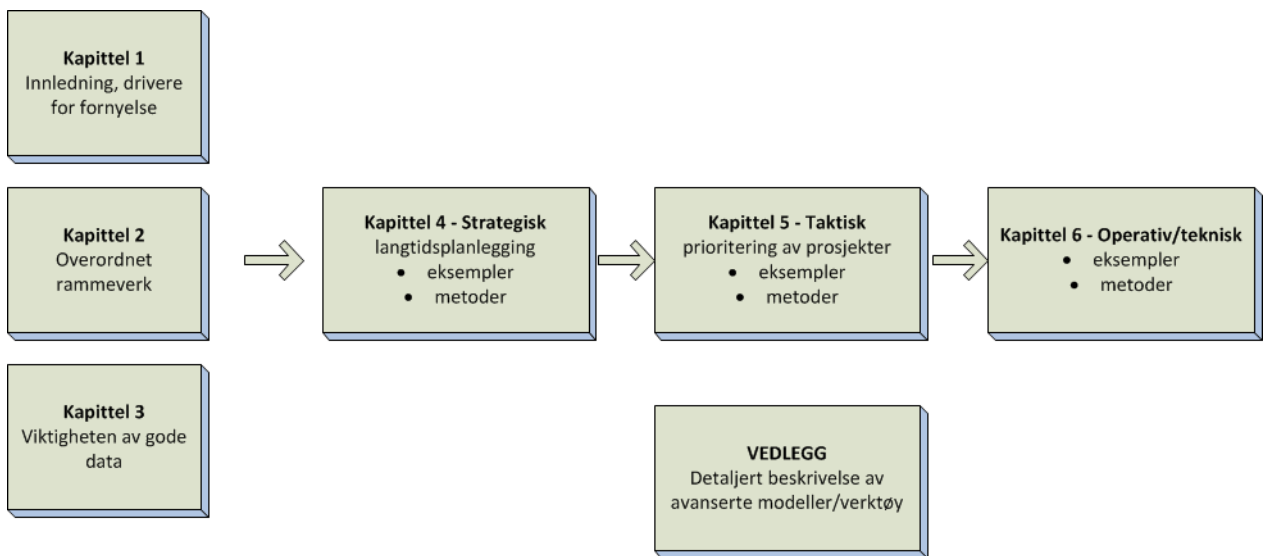
- Beskriver gode rutiner for registrering av data (egenskapsdata og driftsdata)
- Beskriver et rammeverk for hvordan man systematisk bør jobbe med fornyelsesplanlegging

- Viser gode eksempler på sammenstilling av data som grunnlag for tilstandskartlegging og prioritering av prosjekter, herunder:
  - o gode eksempler på praktisk anleggsutførelse
  - o gode eksempler på hvordan effekten av iverksatte tiltak kan dokumenteres

Noen av eksemplene i veiledningen vil også kunne virke som inspirasjon og som eksempel på at også enkle tiltak vil kunne ha stor nytteeffekt. Denne nytten kan måles i reduserte direkte og indirekte kostnader, redusert risiko, økt effektivitet gjennom bedre utnyttelse av menneskelige ressurser og sist, men ikke minst, i form av en mer bærekraftig forvaltning av ledningsnett.

## 1.2. Rapportens oppbygging

Rapporten er organisert ut i fra en 3-delning som skiller på strategisk ("hovedplan"), taktisk ("saneringsplan") og operativ/teknisk ("anleggsplan") fornyelsesplanlegging. Figuren under viser rapportens oppbygging.



Figur 3. Organisering av rapporten

## 1.3. Faktorer som medfører behov for ytterligere fokus på fornyelse av VA-ledninger

Allerede i dag er det stor fokus på fornyelse av VA-ledningsnett i de aller fleste kommuner og VA-selskaper. I det følgende beskrives en del trender/drivere i samfunnet (ikke i rangert rekkefølge) som ytterligere vil øke fokuset på å sikre god tilstand på VA-nettet:

- **Forfall av VA-anlegg** truer tjenestetilbudet dersom en ikke er i forkant med planleggingen. Økt utlekking fra vannledningsnett, med påfølgende innlekking til avløpsnett, medfører unødvendige kostnader til både produksjon av rent vann og transport av avløpsvann og avløpsrensing. Dårlige avløpsledninger vil være mer utsatt for innlekking av grunnvann og innlekking fra vannledningsnett. En forbedring i bygningsteknisk tilstand på vannledningsnett vil redusere antall ledningsbrudd, i tillegg til at lekkasjeandelen reduseres. Et tettere vannledningsnett vil også redusere faren for innlekking av forurenset vann via hull på ledningsnett i trykløse situasjoner.

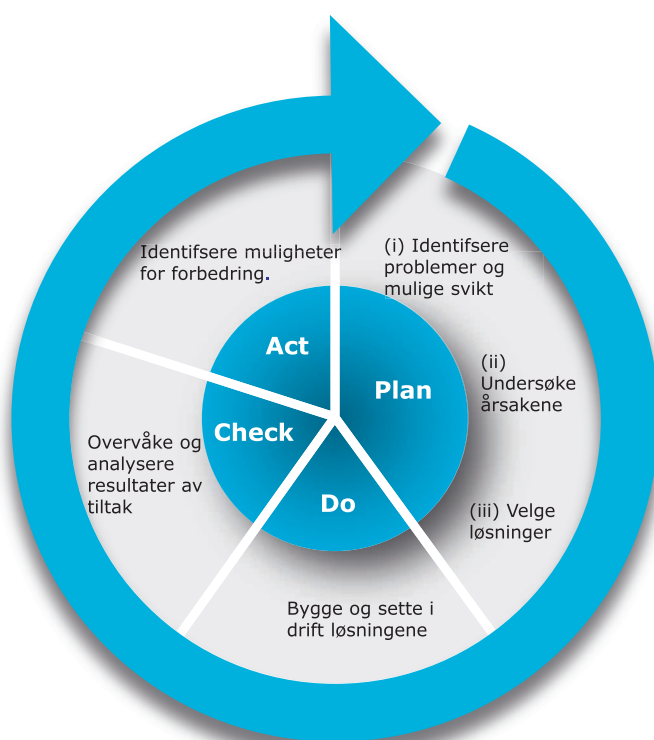
- **Infrastrukturutbygginger (veg, bane, utbygging, vann/avløp mm.).** Andre forhold enn ledningens behov er i mange tilfeller en viktig pådriver for at VA-ledningsnett skiftes ut/fornyes. Byggingen av Bybanen i Bergen er et eksempel på dette. Dette medfører at deler av ledningsnettet blir prioritert tidligere enn hva ledningens tilstand i seg selv tilsier.
- **Klimaendringer** gir store utfordringer for VA-sektoren. For VA-ledningsnett berører dette i første rekke avløpsnettet som en følge av fremtidig økning i nedbørintensitet/økt avrenning og stigning av havnivå. Dette kan medføre fare for økt omfang av kjelleroversvømmelser og økte utslipp til nærliggende vassdrag, både som en følge av lekkasjer på avløpsnettet og utslipp via overløp. Flere kommuner gjennomfører separeringsprosjekter for avløp for å redusere avløpsmengden.
- **Demografiske endringer** i en del kommuner (økt befolkningsvekst, økt tilknytningsgrad til VA-systemene, endret bosettingsmønster, arealbruksendringer osv.). Dette kan medføre press på dagens infrastruktur ved at andelen tette flater øker, noe som resulterer i økt avrenning og fare for kapasitetsproblemer på avløpsnettet.
- **Myndighetspålagte krav herunder innføring av Vannforskriften** (Forskrift om rammer for vannforvaltningen, 2007) basert på EUs rammedirektiv, vil kreve betydelig innsats på VA-sektoren, hvor en må angripe på en bred front. Dette inkluderer også tiltak på avløpsnettet for å redusere utslippene via utette ledninger og økte mengder overvann.
- **Sterkere søkelys på bærekraft og redusert energibruk.** VA-verkene fokuserer allerede i dag mye på økt bærekraft og redusert energibruk. Bærekraftige VA-tjenester innebærer at VA-bransjen må levere tjenester som står seg både miljømessig, økonomisk og sosialt over tid. For VA-nettet inkluderer dette forhold som riktig materialvalg ved fornyelse, for å få lang levetid på anlegget, samtidig som at kostnadene er så lave som mulig. Videre bør valg av fornyelsesmetoder (f.eks. No-dig) som reduserer ulempene for resten av samfunnet vurderes. Eksisterende VA-infrastruktur må utnyttes lengst mulig under forutsetning av at VA-systemene leverer tilfredsstillende kvalitet til tilfredsstillende risiko. Tiltak bør settes inn når dette er optimalt med tanke på valg av optimal metode, på rett sted og til rett tid. Dette krever informasjon om tilstanden på VA-nettet.
- **Samfunnets økte krav til VA-systemene.** Vann og avløp er en kritisk infrastruktur som samfunnet trenger og konsekvensene ved svikt i tjenestene kan bli store. De krav som samfunnet og innbyggerne stiller til VA-tjenestene øker også som en del av velferdsøkningen generelt i samfunnet. Det som var godt nok før, er ikke lenger godt nok. Felleskummer for vann og avløp med åpne renner for avløp bør for eksempel ikke lenger bygges. Ønske fra befolkningen om mer aktiv bruk av elver og vassdrag til friluftsliv, bading og fiske er også en viktig driver for fornyelse for avløpsledninger. Innen vannforsyning er det i samfunnet blitt fokus på hygieniske forhold på ledningsnettet, og dette vil trolig også medføre økt fornyelse av vannledningsnettet.

## 2. Overordnet rammeverk for systematisk fornyelse av vann- og avløpsnett

I det følgende beskrives et overordnet rammeverk for hvordan kommunene og VA-selskapene kan arbeide systematisk med fornyelse av vann- og avløpsnett. Arbeidet er basert på beste praksis internasjonalt. Dette inkluderer rammeverket beskrevet i AWARE (LNEC & IST, 2011), som igjen er basert på erfaringer fra tidligere EU prosjekter knyttet til fornyelsesplanlegging av VA-ledninger (Sægrov, 2005 og Sægrov, 2006). Dette teoretiske rammeverket er deretter kombinert med praktiske erfaringer fra Norge knyttet til fornyelsesplanlegging og anleggsutførelse.

### 2.1. Kontinuerlig fornyelsesarbeid

Man blir aldri ferdig med fornyelse. Man bør hele tiden vurdere tilstanden til systemene, iverksette tiltak og vurdere effekten av tiltakene. Tilstanden på VA-infrastrukturen vil endre seg med tiden avhengig av ulike påvirkninger. Kravene som samfunnet stiller endrer seg også. Det som var godt nok før, er ikke nødvendigvis godt nok lenger nå. Samfunnet stiller høyere krav til VA-tjenestene. For å illustrere behovet for å arbeide systematisk med forbedringer brukes gjerne den såkalte PDCA-sirkelen (Figur 4). PDCA-sirkelen handler om å innarbeide rutiner for hvordan oppgaveløsningen planlegges (Plan), gjennomføres (Do), evalueres (Check) og forbedres (Act). Når man lykkes med å bruke denne metodikken systematisk, vil erfaringene fra oppgaveløsningen benyttes til løpende forbedringer av fornyelsesarbeidet.

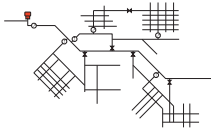
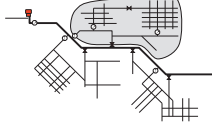
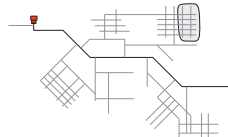





Figur 4. Systematisk forbedringsarbeid, PDCA-sirkel (basert på LNEC & IST, 2011)

For å utarbeide et overordnet rammeverk for hvordan kommuner/VA-selskap bør arbeide systematisk med fornyelsesplanlegging av vann- og avløpsnett, er tankegangen bak PDCA-sirkelen brukt og tilpasset arbeidsoppgavene knyttet til fornyelsesplanlegging. Dette gjelder både på overordnet nivå og på mer detaljert nivå av fornyelsesplanlegging. 3 ulike planleggingsnivå er inkludert:

- **Strategisk nivå (hovedplan - langtidsplanlegging)** hvor de store linjene fastlegges og angir retningen for hvor VA-verket/kommunen vil med sin fornyelsesplanlegging i lang tid fremover. Dette er typiske elementer som dekkes av hovedplanarbeid for vann og avløp, som mange kommuner gjennomfører allerede, og som er forankret på politisk nivå. Omfanget av hovedplaner dekker også andre forhold utover fornyelse av ledningsnett. På strategisk nivå defineres overordnede mål og krav, og man lager planer som viser samlet fornyelsesbehov og hvilke strategier en skal gjennomføre for grupper av ledninger. Dette kan være for å øke sikkerheten i vannforsyningen eller å redusere faren for oversvømmelser på avløpsnettet. På strategisk nivå har en to tidshorisonter, et kortere perspektiv (10-20 år) og et mer langsiktig perspektiv utover planperioden (20-100 år).
- **Taktisk nivå (saneringsplan - prioritering av prosjekter)**. Basert på føringer fra strategisk nivå (hovedplan) utarbeides det detaljerte planer for hvilke ledninger, kummer etc. som en skal prioritere for detaljerte analyser i de nærmeste årene. Vanlig tidshorisonter er 3-5 år. De ulike prosjekter vil deretter identifiseres og prioriteres.
- **Operativt/teknisk (årsplan - detaljprosjekt med valg av teknologi)**. Basert på de prioriteringer som er gjort på taktisk nivå (saneringsplan), skal tiltakene settes ut i livet. Dette gjøres ofte ved utarbeidelse av årsplaner. Det er først når prosjektene er blitt bygget og ledningsnettet er satt i drift, at gevinsten av tiltakene blir synlig. Koordinering av anleggsarbeid med annen type infrastruktur (avløp, vann, veg, bane, strøm, tele) utføres oftest ved utarbeidelse av årsplaner.

Tabell 1. Egenskaper ved de ulike plan, tiltak og beslutningsnivå

Nivå	Strategisk	Taktisk	Operasjonelt/teknisk
<b>Skala</b>	Hele VA-nettet 	Delsystem, områder, grupper av ledninger 	Anleggsprosjekter /årsplan 
<b>Type tiltak</b>	De store linjer, retninger, kongstanker 	Detaljerte beslutninger 	Gjennomføre tiltak 
<b>Ansvarlig</b>	Anleggseier (politisk ledelse, rådmann, VA-sjef, plansjef)	VA-nett ansvarlig	Anleggsansvarlig, driftsansvarlig
<b>Resultater</b>	Strategier	Taktiske vurderinger	Tekniske planer
<b>Tidshorisonter</b>	Lang tid <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 - 20 år</li> <li>• 20- 100 år</li> </ul>	Medium tidshorisonter (3 - 5 år)	Kort tid (1 - 2 år)

Tabell 1 oppsummerer egenskaper for de ulike plannivåer/beslutningsnivåer (strategisk, taktisk og operativt). Det er forskjellige måter å organisere de ulike plannivåer for ulike VA-selskaper avhengig blant annet av organisering, politiske og administrative ønsker.

For hvert enkelt plannivå/beslutningsnivå (strategisk, taktisk og operativt/teknisk) må mer eller mindre de samme arbeidsoppgaver gjennomføres. Dette er vist i figur 5 under.



Figur 5. Prosessflyt for hvert planleggingsnivå; strategisk, taktisk og operativt/teknisk

I det følgende gis en kort forklaring til de enkelte bokser/punkter i figur 5.

### **Mål, krav og funksjonsindikatorer**

Målene som settes, skal være ambisiøse og noe å strekke seg etter, men samtidig realistiske. Målene må dekke forhold som service overfor kunder og grad av bærekraftighet. De ulike mål må også kunne vurderes kvalitativt og/eller kvantitativt basert på ulike funksjonsindikatorer. Indikatorsystemet brukt for eksempel for BedreVA (et nettbasert verktøy for tilstandsvurdering av kommunale VA-tjenester utviklet i samarbeid mellom Kommuneforlaget og Norsk Vann) kan benyttes på overordnet (strategisk) nivå der hvor dette passer. Flere kommuner bruker for eksempel resultatene fra BedreVA inn mot sine lokale politikere for å synliggjøre behov.

### **Diagnose og prognose**

Analyse av tilstand må ta utgangspunkt i dagens tilstand. I tillegg bør en foreta en analyse ved slutten av henholdsvis planleggingsperioden og analyseperioden for å se på hvordan en forventer at tilstanden vil endre seg frem til disse tidspunkt. Dette kan for eksempel være antall avløpsledninger som, basert på rørinspeksjon, er i dårligste tilstandsklasse ved slutten av kommende hovedplanperiode. Ulike scenarier for fremtidige rammebetingelser bør analyseres, slik som endringer i demografi, (økt befolkning, økt tilflytting), endringer i klima etc. Analysene bør også inkludere forhold som dagens funksjon til VA-nettet, økonomi og risiko.

### **Planlegging av omfang/volum**

Her kan virkningen av ulike alternativer identifiseres og sammenlignes. Hva blir fornyelsestakten fremover dersom en skal sanere kun fellesavløpsledninger lagt før 1975? Hva blir den langsiktige fornyelsestakten? Hva blir fornyelsestakten fremover dersom en skal ha maks 20 % avløpsledninger i verste tilstandsklasse i henhold til klassifisering av rørinspeksjoner? Hva blir fornyelsestakten fremover dersom en ikke ønsker noen avløpsledninger i den verste tilstandsklassen?

### **Gjennomføring av tiltak**

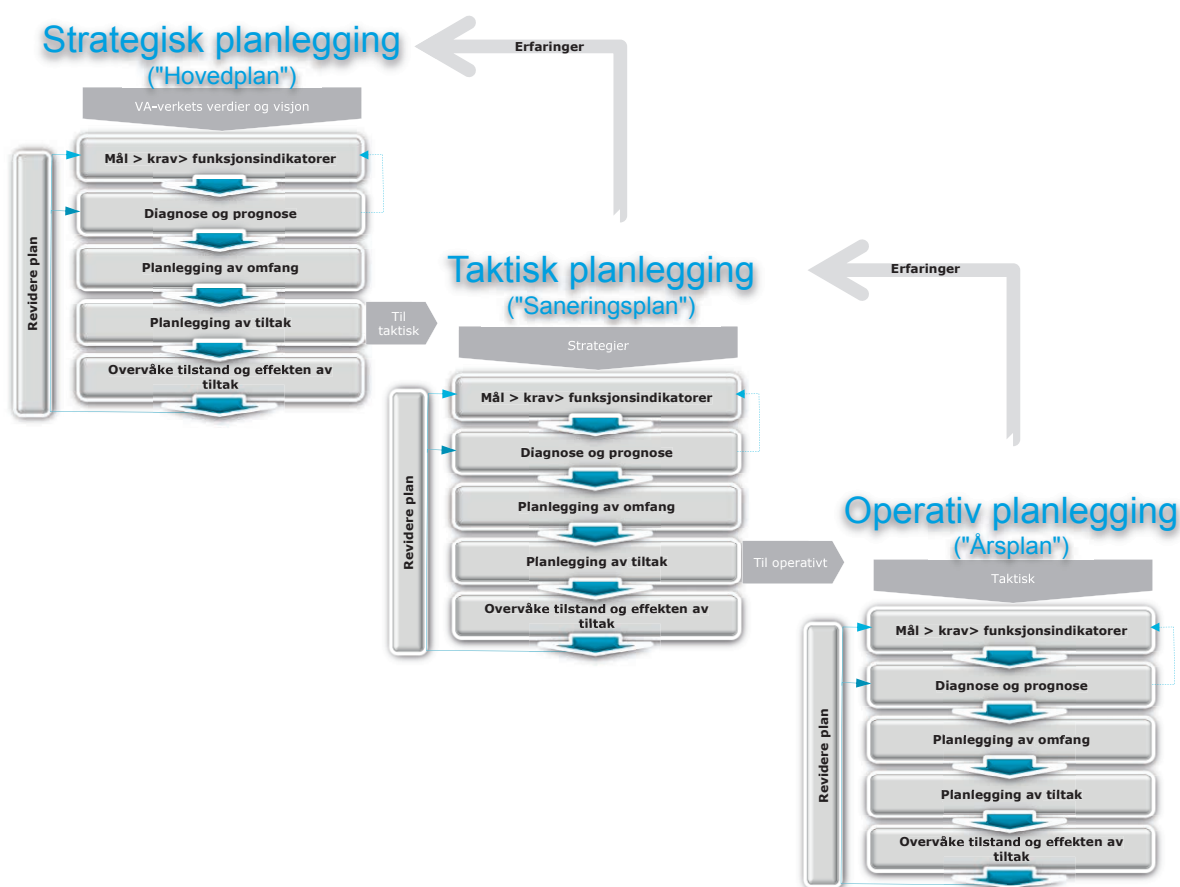
De ulike tiltak/tiltaks pakker med angitte tidspunkt må identifiseres og implementeres. Det er her viktig å velge riktig metode og material. Det er først når tiltakene er gjennomført at en har nytte av all planleggingen. Forhåpentligvis har tiltakene en god virkning på de problemer som de er tenkt å løse.

## Overvåke tilstand og effekten av tiltak

I etterkant av tiltakene bør virkningen av disse måles og dokumenteres for å få en kontinuerlig forbedringsprosess. En slik evaluering gir også erfaringer og ny kunnskap som kan gjøre fremtidige tiltak enda mer effektive. For å dokumentere virkningen av tiltak trengs det innsamling av egnede data som er av god kvalitet.

Sammenhengen mellom planer på hovedplannivå/strategisk nivå, saneringsplannivå/taktisk nivå og operativt nivå er vist i figur 6.

De strategier en legger på overordnet nivå i en hovedplan, må følges opp i saneringsplan etc. Det er også viktig at dataflyten går andre vegen, dvs. at de erfaringene en gjør på de underliggende nivå blir tilbakeført til overordnet planlegging. Dette gjelder både konkrete erfaringer knyttet til anleggsutførelse (gode/dårlige erfaringer med ulike renoveringsmetoder), kostnadstall etc. Dette stiller krav til organisering av VA-verket og samspillet mellom de som utarbeider de ulike planer. Dvs. PDCA-sirkelen må følges også på tvers av plannivåene/beslutningsnivåene.



Figur 6. Sammenheng mellom planer for strategisk, taktisk og operativt nivå

I figur 6 er det lagt til grunn at det er en sammenheng mellom de tre ulike planleggingsnivåene: strategisk, taktisk og operativ. Det vil si at det er sammenheng mellom hva som faktisk vedtas i en strategisk plan (hovedplan) og hva som faktisk blir utført av fornyelsestiltak på ledningsnettet. Dette er som regel ikke tilfellet, og det kan være mange grunner til dette. For eksempel kan det skyldes at:

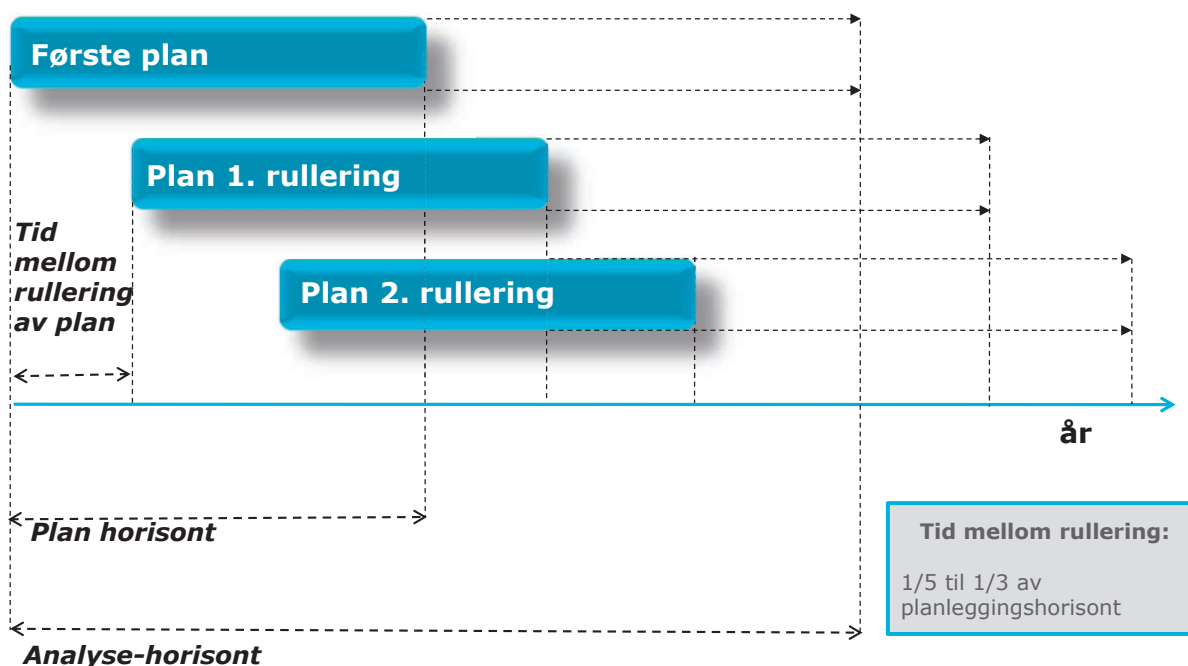
- Strategisk plan (hovedplan) vedtas politisk, men følges ikke opp gjennom årlige bevilgninger
- Årlige bevilgninger i tråd med strategisk plan (hovedplan) vedtas, men midlene i økonomiplanen prioriteres til andre formål enn ledningsfornyelse (for eksempel tilrettelegging for ny utbygging, oppgradering av renseanlegg osv.). Fornyelse av

ledninger blir dermed en "salderingspost". Den alternative bruken av pengene vil likevel kunne være fornuftig.

- Årlige bevilgninger i tråd med strategisk plan (hovedplan), inkl. midler til ledningsfornyelse, vedtas. Imidlertid blir faktisk utført ledningsfornyelse langt mindre enn forutsatt fordi faktisk løpemeterpris for ledningsfornyelse blir langt høyere enn forutsatt i strategisk plan og/eller taktisk plan.
- Årlige bevilgninger i tråd med strategisk plan (hovedplan), inkl. midler til ledningsfornyelse, vedtas. Imidlertid har ikke kommunen personell til å gjennomføre, slik at en stor del av midlene forblir ubrukte.

Det trenger derfor ikke være eksakt samsvar mellom de bevilgede summer på strategisk nivå og de investeringer som faktisk blir brukt til fornyelse av ledningsnettet. Hovedfordelen med den foreslåtte 3-delingen av planleggingsnivåene vil være mulighetene dette gir for et helhetlig og samordnet fornyelsesarbeid av VA-ledningsnettet.

Hvor grundig og omfattende "planleggingen" er/bør være, vil variere fra VA-verk til VA-verk avhengig av størrelse, teknisk tilstand og ambisjoner. For små og mellomstore VA-verk kan planene være enkle dokumenter hvor mål, krav og tiltak beskrives, mens det for større VA-verk vil være mer omfattende dokumenter. Eksempler på både forenklete og komplekse planer er vist i veiledningen.



Figur 7. Illustrasjon av tidsintervall for rullering av planer

Periodisk bør de ulike planene (strategisk, taktisk, og operativ/teknisk) revideres/rulleres (se figur 7). En bør under en slik rullering ta utgangspunkt i de opprinnelige mål og krav for planen, og vurdere om disse er nådd og om nye tiltaksplaner er påkrevd. Årsaken til at en eventuelt ikke har nådd målene må identifiseres, slik at bedre tiltak kan iverksettes. Nye eksterne trender som må inkluderes i planarbeidet må også tas hensyn til. Effekten av klimaendringer er eksempel på slike eksterne drivere som påvirker VA.

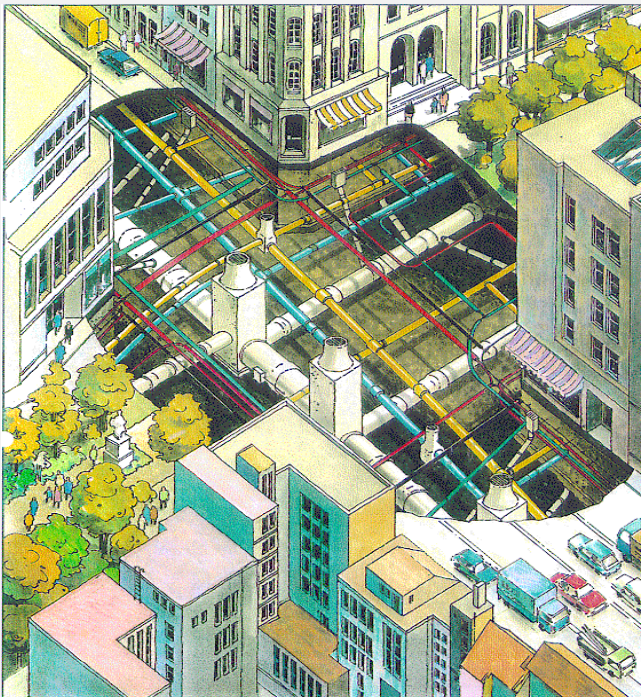
Tiden mellom revisjon av de ulike planene bør være 1/5 – 1/3 av planleggingshorisonten. En strategisk plan (hovedplan) med en planhorisont på 15 år bør følgelig rulleres ca. hvert 4. år. Detaljerte planer bør rulleres/revideres oftere enn de overordnede planene.

## 3. Før arbeidet starter - gode grunnlagsdata

### 3.1. Viktigheten av gode data

Gode og riktige data som beskriver vann- og avløpsnett er viktig for å kunne arbeide systematisk med tilstandskartlegging og fornyelsesplanlegging. Dette gjelder både gode egenskapsdata som beskriver VA-infrastrukturen godt og ulike data og erfaringer knyttet til driften av anleggene. Erfaringer i form av kvantitative og kvalitative data er utgangspunktet både for å si noe om dagens tilstand, for å ha inngangsdata for analyser av alternativer/mulige tiltak, og for å kunne dokumentere effekten av tiltakene. Hvis grunnlagsdataene er feil, blir også resultatene av analyser og beregninger feil/usikre. Det er derfor viktig å legge inn ressurser i kartleggingsjobben. God kvalitet på innsamlede data vil også være nyttig i forbindelse med daglig drift av ledningsnett og mot kundehåndtering.

#### Viktigheten av god kvalitet på ledningsdata



VA-ledningsnett er en "hemmelig" infrastruktur siden en ikke ser den til daglig. Det er bare i anleggsfasen en visuelt har god relativt oversikt over VA-infrastrukturen. Ellers må en basere seg på kartverk mv. I driftsfasen får en bare inn informasjon om deler av nettet. Skal en grave i områder med mange ledninger, er det viktig å ha oversikt over hva en har hvor. Dette bør registreres i geografiske ledningsregistre. En må vite både hvor ledningene og kummene er og hvilke ledninger det er snakk om (dimensjon, egenskaper etc.). I tillegg oppstår det hendelser knyttet til de enkelte ledninger og kummer. Dette er informasjon som også bør registreres for hver enkelt ledning.

Figur 8. Illustrasjon av viktigheten av gode og riktig egenskapsdata for VA-ledningsnett

Det blir mer og mer vanlig at kommuner registrerer egenskapsdata og data om drift i egne databaseløsninger (Gemini VA, GisLine, ARcGis etc.). Uavhengig av hvilken programløsning en velger, vil det kunne oppstå feilregistreringer i databasen. For at nytten av dataene som ligger lagret skal bli så stor som mulig, er det viktig at en kan stole på dataene som ligger der.

Dette gjelder i første rekke for den daglige driften av VA-ledningsnett og opp mot kundeservice, men også i forbindelse med fornyelsesarbeidet. Erfaring viser at mye av tiden som går med når en skal utføre analyser av ledningsnett (f.eks. hydrauliske simuleringer, analyser av rehabiliteringsbehov) brukes nettopp til å rette opp i data og luke ut feil i datagrunnlaget.

- 1. Legg mye ressurser i en god kartleggingsjobb**
- 2. Etabler gode rutiner for dataregistrering –  
Er grunnlagsdata feil blir analyser og konklusjoner feil!**
- 3. Sørg for gode egenskapsdata**
- 4. Sørg for gode driftsdata**

**«Mitt mål er at ledningskartet skal være et speilbilde av ledningsnettet vårt og inneholde de viktigste driftserfaringene vi har»**

*Ansvarlig for ledningskartverket i Ålesund kommune.*

### **3.2. Egenskapsdata for ledninger og kummer**

Med egenskapsdata menes her data som beskriver egenskaper ved VA-nettet (ledninger, kummer etc.). Typiske egenskapsdata som bør registreres for hver enkelt ledning er f.eks.:

- Rørmateriale
- Dimensjon
- Lengde
- Anleggsår
- Nett type
- Eier
- Driftsansvarlig
- Rørform
- Detaljerte materialegenskaper
- Omfyllingsmasser
- Anleggsutførelse osv.

I ledningsregistrene er det enkelt å registrere egenskapsdata. Det er også viktig å registrere egenskapsdata for kummene.

**Kummer er ofte et undervurdert punkt, både i forhold til kartlegging av ledningsnett og drift og vedlikehold av dette. Det er svært viktig at kummene kartlegges. Er det felleskum med åpen renne? Hvordan er strømningstekniske forhold i kummen?**

Ved fornyelsesplanlegging er feltarbeid viktig, særlig når en begynner å nærme seg anleggsfasen. Kontroll-innmålinger av kummer, ledningsnivå, rørtyper og -dimensjoner kan gi data til oppdatering og revidering av ledningskartet. Det er da viktig at det er etablert rutiner for hvordan denne informasjonen skal registreres i ledningskartet.

**Gjennomfør systematiske kumregistreringer ved alle fornyelsesprosjekt, og utarbeid «kumkort» med foto og annen informasjon. Denne informasjonen registreres også i ledningskart-databasen.**

**Etabler gode rutiner for registrering av nyanlegg og for oppdatering av feilregistreringer som oppdages.**

### 3.3. Driftsdata for ledninger og kummer

Ledningsregistrene inneholder også muligheter for registrering av driftsdata og registrering av hendelser, knyttet til ledninger og kummer. Eksempler på driftsdata er lekkasjer på ledninger, brudd på ledninger, tilstopping av ledninger og kummer etc. Dette er informasjon som kan benyttes til å utarbeide ulike temakart som er nyttig for fornyelsesplanlegging; både på strategisk (hovedplan) og taktisk nivå (saneringsplan). Det er viktig at driftsdata registreres med tidsangivelse. På denne måten kan en ved bearbeiding av data si noe om tilstandsutviklingen som en funksjon av tid. Nettopp utvikling av trender for tilstand er viktig i forbindelse med fornyelsesplanlegging. Det er verre med 3 brudd siste år, enn 3 brudd i løpet av de 10 siste år.

- 1. Registrer alle driftsdata**
- 2. Tidfest driftsdataene**
- 3. Driftsdata er viktig grunnlag for fornyelsesplanlegging**
- 4. Viktig at driftshendelser registreres mot de enkelte ledninger, ikke bare mot gateadresse**
- 5. Rørinspeksjon er et godt hjelpemiddel, og resultatene fra denne bør importeres direkte inn i ledningsregister.**

En del VA-verk/kommuner samler detaljert informasjon om tilstanden på VA-nettet. Dette kan f.eks. være systematisk innvendig rørinspeksjon med kamera av alle avløpsledninger, med påfølgende importering av resultater inn i ledningsregistre. Slik detaljert kartlegging gir betydelig mer kunnskap om den enkelte ledning, og åpner derfor for mer detaljerte analyser når en skal lage fornyelsesplaner. Tilsvarende gjelder også for vannledninger, men da ved bruk av andre metoder.

#### 3.3.1. Ekstra søkelys på kummer

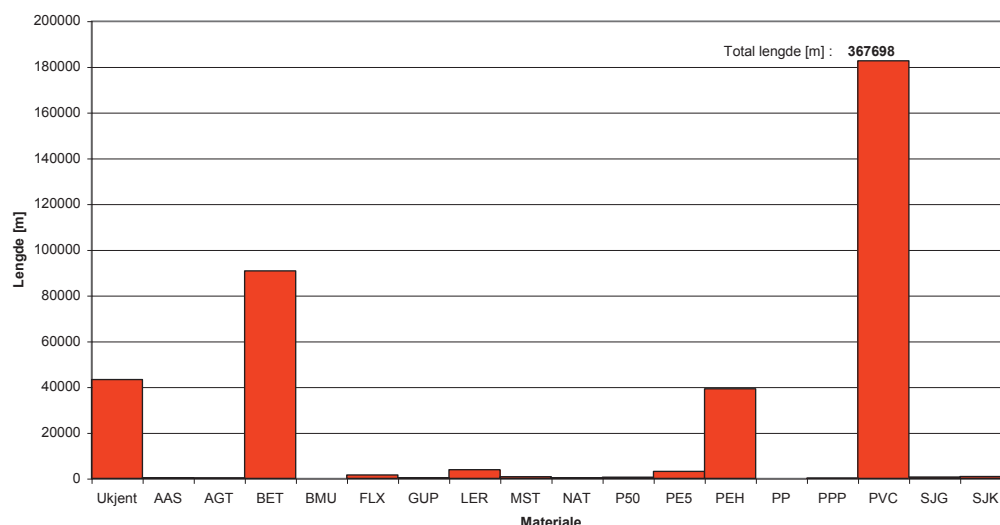
I veiledningen legges det opp til at det blir fokusert på kummer. Kummer utgjør en viktig del av VA-ledningsnettet og er i mange sammenhenger et kritisk punkt. Dette gjelder både for vann og for avløp. De økonomiske verdiene som kummene representerer tilsier også at kummene fortjener økt fokus. Det finnes ulike typer kummer: separate kummer for henholdsvis vann, spillvann og overvann, avløp- felles og kummer hvor ulike ledningstyper er lagt inn i samme kum (SP/VL, AF/VL etc.). Det er viktig at egenskapsdata og driftsdata registreres for kummene, på lik linje med hva som gjøres for ledninger. Tilsvarende tilstandsvurdering av avløpskummer som gjøres ved rørinspeksjon av avløpsledninger, utføres vanligvis ikke i Norge, men det finnes internasjonale standarder som kan følges.

### 3.4. Eksempler på mangler og feil i ledningsdata

Manglende egenskapsdata er vanlig, selv for kommuner og VA-selskaper som har en stor organisasjon med egne folk som er ansvarlig for ledningsregistrene. Figur viser fordelingen av ulike rørmaterialer som er benyttet for avløpsledninger i en norsk kommune. Vi ser at andelen ukjent rørmateriale utgjør om lag 10 % av ledningsnettet.

Eksempler på feil registrerte data i ledningsregistre kan være:

- Ulogisk kombinasjon av rørmateriale, dimensjon, og anleggsår. Man kan f.eks. i en database finne en 150 mm PVC som er lagt i 1930, men slike ledninger finnes ikke. Ikke finnes det 150 mm PVC, ei heller PVC ledninger fra 1930 tallet.
- Ledninger har driftshendelser registrert før ledningen var anlagt
- Man registrerer ulogiske typer feil på ledninger (f.eks. korrosjon på plastledninger)
- En ledning er blitt rehabilitert før ledningen var anlagt

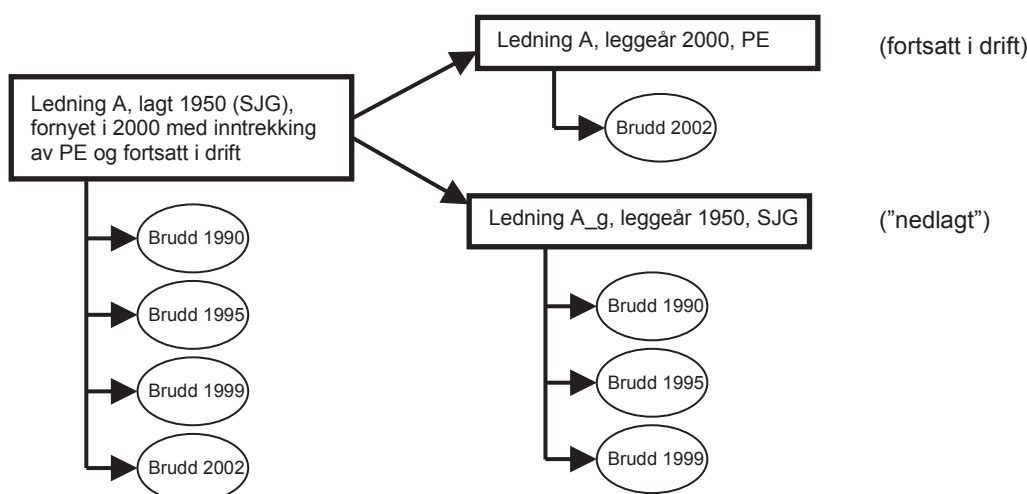


Figur 9. Fordeling av rørmaterialer for avløpsledningene i en norsk kommune hvor en stor andel av ledningene har ukjent rørmateriale registrert (Figur hentet fra SINTEF-rapport)

**Det finnes tabeller som viser logiske kombinasjoner av egenskapsdata for henholdsvis vann og avløpsledninger. Disse tabellene kan brukes til å kvalitetssikre egenskapsdata i ledningsregistre (Røstum og Selseth, 2005)**

Der hvor det er omfattende mangler i ledningsregisteret, bør VA-selskapet gå gjennom og supplere med korrekt og utfyllende informasjon så langt det er mulig. Alle feil og ulogiske kombinasjoner bør rettes opp for at nytten av dataene skal bli størst mulig. Ved videre registrering av data i ledningsregister og i dagbok bør det legges vekt på at registreringen utføres korrekt.

Hvis det for eksempel skal utføres en analyse over framtidige ledningsbrudd, vil ledninger som allerede er fornyet kunne gi viktig informasjon, som kan benyttes for å vurdere tilstanden på ledninger som ennå ikke er blitt fornyet. Ved fornyelse av ledninger er det viktig at både historien til den opprinnelige ledning og den nye ledningen tas vare på. Det er viktig med et ledningsregister som legger til rette for at hele livsforløpet til en ledning kan registreres, på en slik måte at informasjonen enkelt kan benyttes til videre analyser, som vist i figuren under.

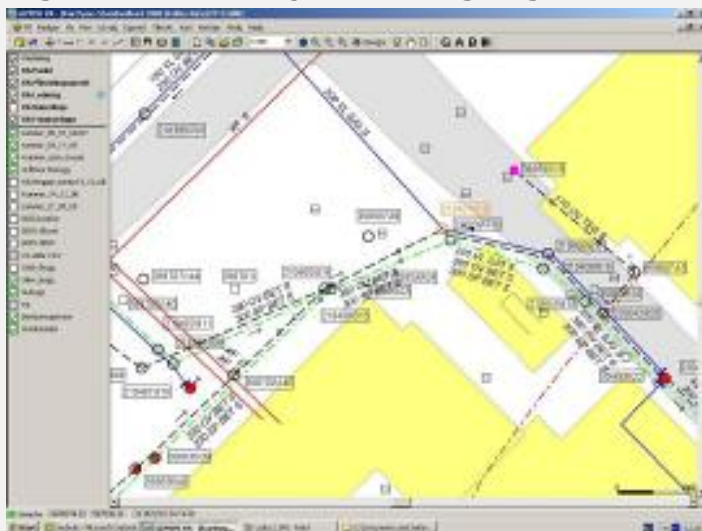


Figur 10. Korrekt registrering av fornyet vannledning (opprinnelig ledning av grått støpejern (SJG)). (Figur hentet fra Bruaset m.fl., 2010)

### 3.5. Løsninger for kommuner/VA-verk som sliter med å registrere data i ledningsregistre

Kvaliteten på, og mengden, av data i ledningskartene hos de ulike kommuner er sterkt varierende. Både egenskapsdata og driftsdata for de enkelte ledninger kan være mangelfulle. En har gjerne gått til innkjøp av programvaren som brukes, men har ikke etablert gode nok rutiner for innsamling/registrering av data. I tillegg kan tilgjengelige ressurser (økonomisk og personell) være en begrensende faktor. Selv i slike situasjoner er det gode erfaringer å vise til fra andre kommuner/VA-selskaper. Dette kan f.eks. være å etablere samarbeid mellom kommuner, eller å leie inn konsulent for å registrere alle egenskapsdata som en engangsinvestering.

#### Eksempel på hvordan Ullevål Universitets Sykehus løste problemet med å få registrert informasjon i ledningsregister











Ullevål sykehus kan på mange måter sammenlignes med en gjennomsnittlig norsk kommune når det gjelder størrelse på VA-ledningsnett. Sykehuset har mange ansatte og kunder som alle trenger VA-tjenester. De har et stort internt VA-nett med 11 km avløpsledninger og 850 kummer. Ved å engasjere en konsulent, ble alle viktige egenskapsdata registrert i ledningskartet, alle kummer med tilhørende utstyr fotografert, og bildene gjort tilgjengelig via ledningskartet. På denne måten har sykehuset fått etablert en god oversikt over sitt VA-nett. Oppdatert og riktig informasjon om ledningsnett er svært kritisk for sykehuset i beredskapssituasjoner når det oppstår hendelser på nettet, men er også svært nyttig i forbindelse med fornyelsesplanlegging. Ullevål Universitetssykehus er et eksempel på at små netteiere også trenger et godt kart.

#### Samarbeid mellom kommuner for registrering av ledningsnettdata

I snart 10 år har driftsassistansen i Hordaland (DIHVA) koordinert et ekspertmiljø for innsamling og registrering av ledningsdata i ledningsregistre (to ulike typer programvare benyttes i samarbeidskommunene). Via et spleiselag mellom ulike kommuner (typisk små og mellomstore kommuner) har en finansiert en felles stilling, som har hatt registrering av data i ledningsregistre som arbeidsområde. Arbeidsplassen for den ansatte er ute i de kommunene som er med i samarbeidet. Dette sikrer at kompetanse og kontroll blir værende i kommunen. En oppnår at data registreres likt i de ulike kommuner og alle kommuner får registrert data av god kvalitet. At man samarbeider om å engasjere en dyktig fagperson, sikrer også at kommunen får mye for pengene, siden det stilles krav til kompetanse for å oppnå en effektiv bruk av programvaren. Samarbeidet åpner også opp for erfaringsutveksling mellom kommunene.

## Sjekkliste for datainnsamling

<i>Har VA-verket et ledningskart og brukes dette aktivt?</i>	
<i>Er det etablert rutiner for å registrere driftsforstyrrelser inn i ledningsregisteret?</i>	
<i>Er det etablert rutiner ved nyanlegg for tildeling av lednings identifikasjons nummer (ID/SID) tidlig i prosjektet, slik at data lett kan eksporteres til ledningsregister?</i>	
<i>Gjennomgås databasen jevnlig for å luke ut feil og ulogiske registreringer?</i>	
<i>Er det etablert rutiner for oppdatering av ledningsregister basert på observasjoner gjort i forbindelse med drift og vedlikehold?</i>	
<i>Er VA-verket ajour med innlegging av egenskapsdata og driftsdata i ledningsregisteret? (mindre enn 1/2 år etterslep)</i>	
<i>Har VA-verket/kommunen vurdert samarbeid med nabokommuner/VA-verk for felles innsamling av data til ledningsregistre?</i>	
<i>Utføres det systematisk innsamling av data gjennom f.eks. inspeksjon, visuelle kontroller av kummer ol.</i>	

## 4. Strategisk fornyelsesarbeid - langtidsplanlegging

Strategisk fornyelsesarbeid foregår på overordnet nivå for å trekke de lange linjene og gi de overordnede prioriteringene.



Figur 11. Strategisk fornyelsesarbeid

### 4.1. Fastsettelse av mål og krav

VA-verket må i det strategiske arbeidet fastsette de mål og krav som en ønsker at VA-selskapet skal oppfylle på lang sikt. På strategisk nivå har en to tidshorisonter, et kortere perspektiv (10-20 år) og et mer langsiktig perspektiv utover planperioden for den valgte teknisk-økonomiske levetiden for VA-anlegg og for systemløsninger (20-100 år). For å måle effekten av tiltak på strategisk nivå kan det utarbeides funksjonsindikatorer. Indikatorene bør på dette nivået være på et overordnet nivå og dekke planperioden.

Følgende 5 aspekter er identifisert i EU prosjektet TRUST (Brattebø, 2012) som relevante og som det kan defineres mål og krav til:

- Sosiale/samfunns mål (vannkvalitet, forstyrrelser for andre etc.)
- Kostnader (betalingsvillighet, grad av selvkost etc.)
- Miljø (materialbruk, utslipp til vann og miljø)
- Organisasjon/ledelse
- Aktiva (VA-infrastruktur, personell etc.)

Viktige kriterier som beskriver VA-infrastrukturen som sådan er:

- rehabiliteringsraten i forhold til forfallet
- påliteligheten til VA-nettet målt som antall feil (ledningsbrudd, tilstoppinger, kjelleroversvømmelser pga. forhold på nettet)
- planlagte og ikke-planlagte avbrudd i vannforsyningen
- grad av tilfredsstillende hydraulisk kapasitet
- vannkvalitetsavvik
- systemets robusthet til å takle klimaendringer

Mange norske kommuner deltar i Norsk Vann sitt system for tilstandsvurdering (BedreVA) og bruker resultatene fra dette arbeidet på strategisk nivå i kommunen, og overfor politikerne, for å synliggjøre dagens situasjon i VA-verket og behovene for forbedringer. Dette er et system som passer inn på strategisk nivå i fornyelsesarbeidet i kommunen. Hvilke indikatorsett man ønsker å benytte for å beskrive mål og krav som er satt for fremtidig VA-ledningsnett, er av mindre betydning, så lenge man er fornøyd med indikatorene, samt at man har data for å beregne dem og man kan bruke dem for å sammenligne seg og si noe om tilstand. Dersom en ønsker å sammenligne seg med andre kommuner/VA-selskap må selvfølgelig indikatorene være identiske.

#### **Viktig når man skal definere mål:**

- **De må være realistiske**
- **De må være målbare**
- **De må være etterprøvbare**
- **Man må ha ressurser (data, personell) for å følge dem opp**

Innen BedreVA har man f.eks. definert grenser for henholdsvis god, middels og dårlig tilstand/funksjon.

For at vannledningsnettet ikke skal få karakter «dårlig tilstand» har en i BedreVA definert følgende kriterier:

- Årlig fornyelse (som % av total ledn.lengde, gjennomsnitt for de siste tre år): >0,5 %
- beregnet vanntap: < 40 %
- antall lekkasjereparasjoner på nettet: < 0,10 pr. km\*år

For kriteriet antall lekkasjereparasjoner vil verdien på indikatoren være avhengig av hvor mye innsats VA-verket legger ned i lekkasjesøking og påfølgende reparasjonsarbeid. Jo mer en leter, jo flere lekkasjer vil en finne, og jo dårligere vil indikatoren fremstå. Dette er et tankekors og viser at valgt indikatorsystem kan forbedres.

For at avløpsledningsnettet ikke skal få karakter «dårlig tilstand» har en i BedreVA definert følgende kriterier:

- Årlig fornyelse (som % av total ledn.lengde, gjennomsnitt for de siste tre år): >0,5 %
- antall kloakkstopper: < 0,20 pr. km
- antall kjelleroversvømmelser: < 0,30 per 1000 innbygger\*år

Dette er eksempler på mål og krav som er satt for å vurdere tilstanden på ledningsnettet, men på strategisk nivå i fornyelsesplanleggingen bør hver enkelt kommune definere egne grenseverdier basert på egne behov, utfordringer og ikke minst ambisjonsnivå. For eksempel er grensen på 0,5 % årlig fornyelse satt i BedreVA ikke bra nok dersom det virkelige behovet er mye høyere.

Hvilke indikatorer som anvendes og overvåkes, vil derfor variere fra kommune til kommune, og er basert på hvilke data som er tilgjengelige og hva man ønsker å måle ytelsen til vann- og avløpssystemet opp mot. For noen kommuner vil vanntap være en viktig indikator å måle, mens for andre kommuner vil det være viktigere å måle for eksempel antall brudd eller antall kundeklager. Ved at man overvåker disse indikatorene, kan man hele tiden måle ytelsen til vann- og avløpssystemene opp mot det nivået man ønsker, eller har som mål, at systemet skal prestere.

## Bruk av BedreVA på strategisk nivå

Kommune	Tanbyggere tilknyttet tjenesten	KI	Hygienisk betryggende vann	Bruksmessig vannkvalitet	Leveringsstabilitet	Alternativ forsyning	Ledningsnettets funksjon
Vekting i kvalitetsindeks (KI)			40%	15%	15%	10%	20%
Ringebu	2644	2,5	Grønn	Gul	Grønn	Rød	Rød
Bamble	13387	2,4	Gul	Grønn	Grønn	Rød	Gul
Serum	12378	2,4	Gul	Grønn	Grønn	Rød	Gul
Lier	18450	2,4	Gul	Grønn	Grønn	Rød	Rød
Ringerike	25675	2,4	Gul	Grønn	Grønn	Rød	Gul
Ringsaker	24327	2,4	Gul	Grønn	Grønn	Rød	Gul
Fusa	1030	2,1	Gul	Gul	Grønn	Rød	Rød
Rælingen	16050	2,0	Gul	Grønn	Rød	Gul	Gul
Harstad	20359	1,4	Gul	Rød	Grønn	Rød	Rød

Flere kommuner i Norge deltar årlig i Norsk Vanns tilstandsvurdering av VA-tjenestene kalt BedreVA. Data som benyttes er basert på innrapporterte data til KOSTRA (KOMMune STAT RAPPORTERING), MATS (MATtilsynet TILSYNS SYSTEM) og egendefinerte data for prosjektet. Resultatene presenteres blant annet i tabellform med ulike fargekoder (rød, gul og grønn) som angir henholdsvis dårlig, mangelfull og god tilstand. Ulike indekser beregnes. Resultatene fra BedreVA passer inn mot et strategisk nivå i kommunen/VA-verket, men sier bare noe om dagens tilstand og ikke noe om hvordan tilstanden vil bli. Trender og drivere i samfunnet er heller ikke inkludert i BedreVA.

Figur 12. Bruk av BedreVA på strategisk nivå i fornyelsesplanlegging

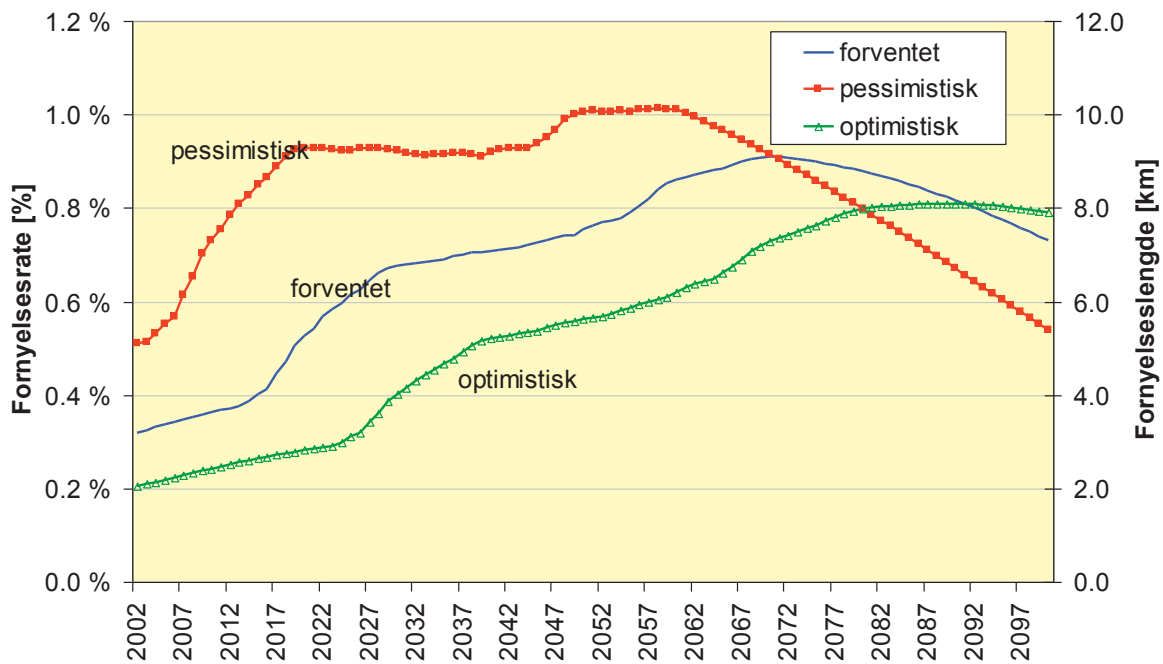
BedreVA tar utgangspunkt i dagens tilstand. På strategisk nivå bør en foruten å kjenne til dagens tilstand, også kunne si noe om hvor en har tenkt seg, dvs. hvilke mål en skal sette seg. Man må ha et fremtidsperspektiv hvor man også tar hensyn til hvordan samfunnet vil endre seg fremover (klimaendringer etc.). På et strategisk nivå bør følgelig en proaktiv kommune/VA-selskap anslå hvordan de ulike indikatorene vil utvikle seg med tiden, også når eksterne faktorer som klimaendringer, demografiske endringer etc. virker inn. Klimaforandringer vil for eksempel kunne påvirke indikatorer slik som lekkasje, vannforbruk, bruddfrekvens, utslipp til nærliggende vassdrag etc.

## 4.2. Diagnose og prognose for planlegging av omfang

Et av de mest kritiske spørsmålene en må stille seg på strategisk nivå, er om det årlig fornyes en tilstrekkelig del av ledningsnett til å holde tritt med forfallet. En bør sikre seg at en ikke skifter ut for lite, slik at det bygges opp et stort vedlikeholdsetterslep som kommende generasjoner må ta regningen for. Detaljerte analyser for fremtidig rehabiliteringsbehov utføres under taktisk planlegging (saneringsplan), men mange kommuner i Norge har anvendt enklere aggregerte (overordnede) modeller for å fastsette fornyelsesbehovet på lang sikt og strategier for fornyelse. En slik modell er for eksempel modellen CARE-W<sup>1</sup> LTP (LTP: Long Term Planning) hvor en, basert på enkle levetidsestimat for grupper av ledninger, beregner fremtidig fornyelsesbehov. Resultatene fra slike modeller egner seg derfor på strategisk nivå og passer både for store og små VA-verk.

Store kommuner, med mye ressurser tilgjengelig, kan også anvende mer detaljerte modeller, som også gjelder hver enkelt ledning, og siden summere opp resultatene for alle ledninger for å fremskaffe resultater for hele ledningsnett (se for eksempel figur 30).

<sup>1</sup> CARE-W: Computer Aided Rehabilitation of Water Networks, EU-prosjekt (2001-2004) hvor SINTEF og NTNU var involvert.



Figur 13. Eksempel på estimert fremtidig fornyelsesbehov for avløpsnett i en kommune. Tre ulike scenarier er angitt: forventet, pessimistisk og optimistisk anslag for levetider for ledninger (figur hentet fra en SINTEF rapport)

En utførlig beskrivelse av LTP/KANEW (metode, inngangsdata og typiske resultater) er vist i vedlegg A. Metoden er generell og kan anvendes både på vannledninger, avløpsledninger og kummer.

**Den enkelte kommune må finne frem til nødvendig fornyelsestakt for sitt ledningsnett – 1 % eller 2 % vil ikke gjelde for alle, men variere fra kommune til kommune!**

## 4.3. Eksempler på strategiske valg

### 4.3.1. Kommunale ledninger

Strategisk planlegging kjennetegnes ved at man ofte ikke har detaljert kunnskap om den enkelte ledning, men tar avgjørelser om sanering av grupper av ledninger, f.eks. alle avløpsledninger i betong lagt før 1970, alle vannledninger av asbestsement etc..

**En kommune hadde generelt mye problemer med asbestledninger – det ble bestemt å blokke ut alle disse fortløpende, uten å undersøke ytterligere om noen av dem fremdeles hadde god funksjon.**

Kommunen kan da bestemme å sanere et fast antall meter av den aktuelle ledningsgruppen pr år. Mengden tilpasses kommunens gjennomføringskapasitet og økonomi.

**Man bør starte med de åpenbare og enkle tilfellene og samtidig få utført en analyse av fremtidig fornyelsesbehov. Parallelt bør man også jobbe med å oppgradere ledningsdatabasen, inspisere ledningsnett etc., for å bedre datagrunnlaget.**

**Man kan gruppere ledninger ut fra materiale og anleggsår, evt. dimensjon, der ledningene innenfor samme gruppe har felles egenskaper i forhold til materialkvalitet og anleggsforhold. Så velges det ut ledningsgrupper fra typiske perioder der rørkvalitet og anleggsforhold er dårlig, og disse prioriteres for sanering. Det vil da være viktig å huske på at det kan være store forskjeller mellom de enkelte ledninger. Det anbefales derfor å fremskaffe bedre tilstandsdata for å foreta en grundigere vurdering der hvor behovet for dette tilsier det.**

**I avløpsnettet er det ofte fellesledningene som skaper de største problemene:**

- **Det er her de fleste driftsproblemer ligger**
- **Det er disse som gir størst problemer med tilrenning av overvann**
- **Det er disse som gir utslipp fra overløp**

**Når dette er tilfelle bør disse ledningene saneres før spillvannsledninger**

Det er viktig å merke seg at det de siste årene har blitt avdekket at en del «unge» ledninger også har behov for fornyelse. Varierende og dårlig rørkvalitet, dårlig prosjekterte løsninger, dårlig anleggsutførelse og feil materialvalg i forhold til bruksområde, har i mange tilfeller vært årsaken til dette.

#### **Altfor ofte saneres «unge» ledninger. F.eks.:**

- **duktilt støpejernsledninger med dårlig korrosjonsbeskyttelse**
- **1. generasjon PVC trykkrør**
- **dobbelveggede plastrør med liten veggtykkelse**

#### **4.3.2. Kommunale kummer**

Kummene er en viktig, og ofte undervurdert, del av ledningsnett. Ofte finnes det i ledningsnett kummer av ulike slag som er opphav til problemer. Et eksempel på dette er felleskummer for vann og avløp, som i kombinasjon med dårlige ledninger og trykkløst vannledningsnett, kan forårsake innsug av kloakk på vannledningsnett. Et annet eksempel er felleskummer for spillvann og overvann. Hvis spillvannsledning nedstrøms kummen går tett, vil kloakk renne over i overvannsledningen og resultere i direkte utslipp av urensset kloakk. I motsatt fall, i perioder med mye overvann, vil overvann kunne renne over i spillvannsledning, med påfølgende problemer med fremmedvann i spillvannsledningsnett. Kommuner bør derfor ha en klar strategi for kummene i sitt ledningsnett. En slik strategi kan for eksempel være:

- **Det bør settes klare krav til kumutforming i kommunens VA-norm**
- **Felleskummer for vann og avløp bør saneres, evt. utbedres, der hvor behovet er størst**
- **Felleskummer for spillvann og overvann bør saneres, eventuelt forbedres**
- **Nye felleskummer (OV/SP og SP/AF/VL) bygges ikke**

#### **4.3.3. Private stikkledninger**

Ansvar for de private stikkledningene ligger naturlig nok hos den enkelte private bygningseier. Det har imidlertid fremkommet i de senere år, at store deler av problemene i ledningsnett kan stamme fra de private stikkledningene. Spesielt i forhold til lekkasjer i vannledningsnett, er det avdekket i noen kommuner at det private ledningsnett står for minst en like stor andel av lekkasjene som det kommunale ledningsnett.

#### **I en mellomstor norsk kommune ble det avdekket følgende:**

- **De fleste lekkasjer finnes på private vannledninger**
- **75 % på anboringsklammer / privat stikkledning**
- **25 % på kommunens hovedvannledning**

**Det er ikke kjent hvor stor andel av lekkasjene på det private ledningsnett som skyldes etterslep pga. manglende lekkasjesøking og reparasjon.**

I forhold til avløpsledningsnett er én utfordring ved det private ledningsnett at dette ikke nødvendigvis separeres samtidig som det kommunale ledningsnett. Dette medfører igjen at kommunal spillvannsledning vil få tilført til dels store mengder overvann fra det private ledningsnett. Dette kan igjen gi problemer med kapasiteten i spillvannsnett, unødvendig høye driftsutgifter og fortsatt unødvendig høye utslipp fra overløp i et eventuelt nedstrøms fellessystem.

- **Det er svært viktig at private ledninger saneres samtidig som de kommunale**
- **Separer alltid privat ledningsnett i forbindelse med separering av kommunal ledning.**

Det er derfor svært viktig å se det private og det kommunale ledningsnett i sammenheng. For å bøte på disse problemene kan én mulighet være at kommunen tar en strategisk bestemmelse på at denne skal overta eierskapet til alle private stikkledninger ut av gategrunn. Dette er gjort i Stavanger kommune, hvor kommunen fra 1. juli 2012 overtok stikkledningene for både vann og avløp i offentlige gater og veier i kommunen<sup>2</sup>. Det betyr at Stavanger kommune nå er ansvarlig for reparasjon og vedlikehold av stikkledningene som ligger under offentlig gate/vei. Den private delen av stikkledningen (videre frem til bygg) eies og vedlikeholdes fremdeles i sin helhet av eiendomseier, som er ansvarlig for utbedring av svakheter og eventuelle lekkasjer.

Særlig for vannforsyningen har dette gitt gevinster for kommunen, siden stikkledningen med an boring får en god kvalitet, og en får en samordnet graving i selve vegbanen i forbindelse med utskifting. I tillegg vil brudd/lekkasjer repareres raskere og på sikt vil det bli færre lekkasjer, siden tilstanden blir bedre og stikkledningene vedlikeholdes bedre. Norsk Vann holder på å utarbeide en egen rapport vedrørende overtakelse av private stikkledninger. Det henvises til denne rapporten for utfyllende dokumentasjon.









Figur 14. Stikkledning og hovedledning (foto: Stavanger kommune)

<sup>2</sup> <http://www.stavanger.kommune.no/Tilbud-tjenester-og-skjema/Vann-og-avlop/Stavanger-kommune-overtarbrprivate-stikkledninger/>

**Fornyelsesraten på strategisk nivå, bør minimum være slik at en unngår at det blir et «voksende fjell» av ledninger med behov for sanering, og at kommende generasjoner dermed må ta regningen for manglende fornyelse.**

**Det er viktig å huske at det tar svært lang tid å senke høyden på et slikt fjell av ledninger, med saneringsbehov som skyves frem i tid. Derfor er det nødvendig å holde et våkent blikk på det langsiktige behovet for fornyelse.**

### **Veiledning for strategisk planlegging**

<i>Kommunen/VA-verket utarbeider strategier eller planer for hvordan de ønsker at funksjonen til VA-nettet skal være om 15-20 år.</i>	
<i>Kommunen/VA-verket etablerer kriterier, med tilhørende indikatorer, for å dokumentere i hvilken grad planene nås (f.eks. ved bruk av BedreVA)</i>	
<i>Er fornyelsesraten tilstrekkelig høy, slik at en unngår at fjellet av ledninger med saneringsbehov øker, og at kommende generasjoner må ta regningen?</i>	
<i>Kommunen/VA-verket trenger tilstrekkelig kvalitet på egenskapsdata og driftsdata for å utarbeide strategiske planer.</i>	
<i>Kommunen/VA-verket trenger fokus på kummer i sine strategiske planer.</i>	
<i>Fornyning av private stikkledninger samtidig med fornyelse av kommunale ledninger er viktig.</i>	

## 5. Taktisk fornyelsesarbeid - prioritering av prosjekter

På grunnlag av resultatene fra strategisk nivå, gjennomføres mer detaljerte undersøkelser av hver enkelt ledning, for å finne frem til de ledningene som har utilfredsstillende styrke eller vannføringskapasitet. Målet med det taktiske arbeidet er å identifisere enkeltledninger som må fornyes.

Slik som det strategiske fornyelsesarbeidet ofte vil danne viktig grunnlag for hovedplaner for vann og avløp, så vil det taktiske arbeidet ofte være grunnlaget for valg av hvilke prosjekter som utføres årlig, og hvordan disse planlegges (saneringsplaner). Den taktiske planleggingen tar i bruk metoder og modeller (eventuelt en kombinasjon av flere av disse) for å lage en liste over ledninger som bør prioriteres for fornyelse i et gitt år. Vanligvis lages slike planer for tre til fem år framover.



Figur 15. Taktisk fornyelsesarbeid

### 5.1. Introduksjon til hvordan organisere taktisk planlegging på vann og avløpsnett

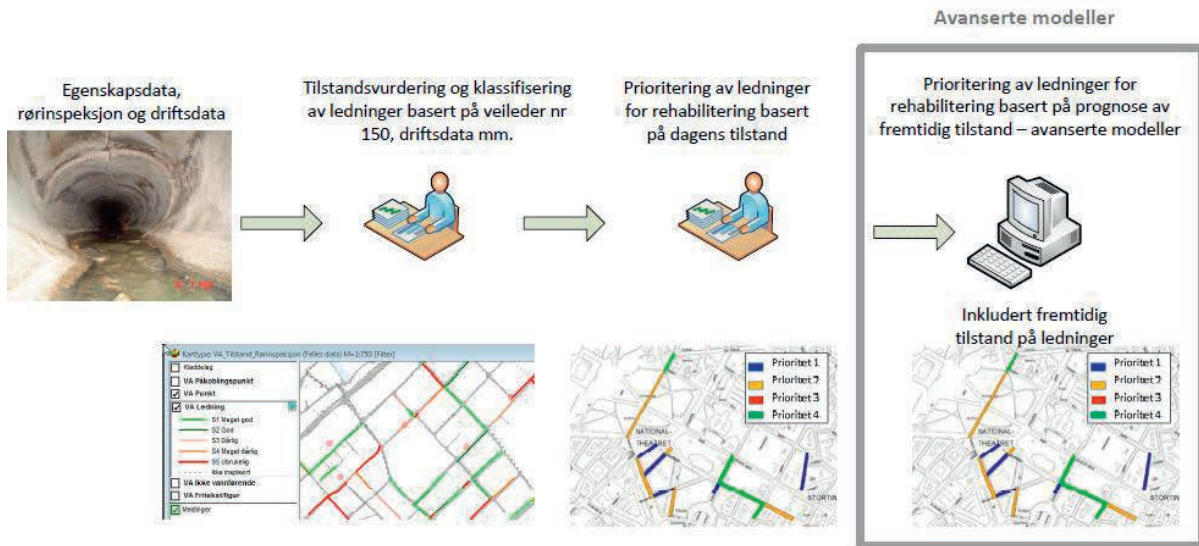
Den taktiske planleggingen er den delen av fornyelsesplanlegging hvor man velger ut enkeltledninger for rehabilitering og lager en rehabiliteringsplan. Dette nivået av planlegging sier noe om hvor en skal fornye og når (hvilket år). Man prioriterer på områdenivå og ledningsnivå. Det er flere metoder og teknologier man kan bruke for å velge ut enkeltledninger for rehabilitering.

Figur 16 illustrerer dataflyten for rehabiliteringsplanlegging for avløpsledninger fra start til slutt som følger:

- Egenskapsdata, rørinspeksjon og driftsdata for den enkelte ledning
- Tilstandsvurdering av den enkelte avløpsledning (basert på Norsk Vann rapport 150)
- Utarbeidelse av prioriteringsliste for avløpsledninger som må fornyes

Uavhengig av hvor omfattende en ønsker å gå til verks, vil det være samme type informasjon som ligger til grunn. Egenskapsdata, driftsdata og ulike typer meldinger/hendelser knyttet til den enkelte ledning er den viktigste informasjonen. Driftsdata (f.eks. kjelleroversvømmelser) kan ofte være styrende kriterium for fornyelse, selv om ledningens tekniske tilstand er tilfredsstillende. Basert på sammenstilling av de ulike typer data, kan ulike temakart og statistikker utarbeides. Utarbeidelse av temakart og

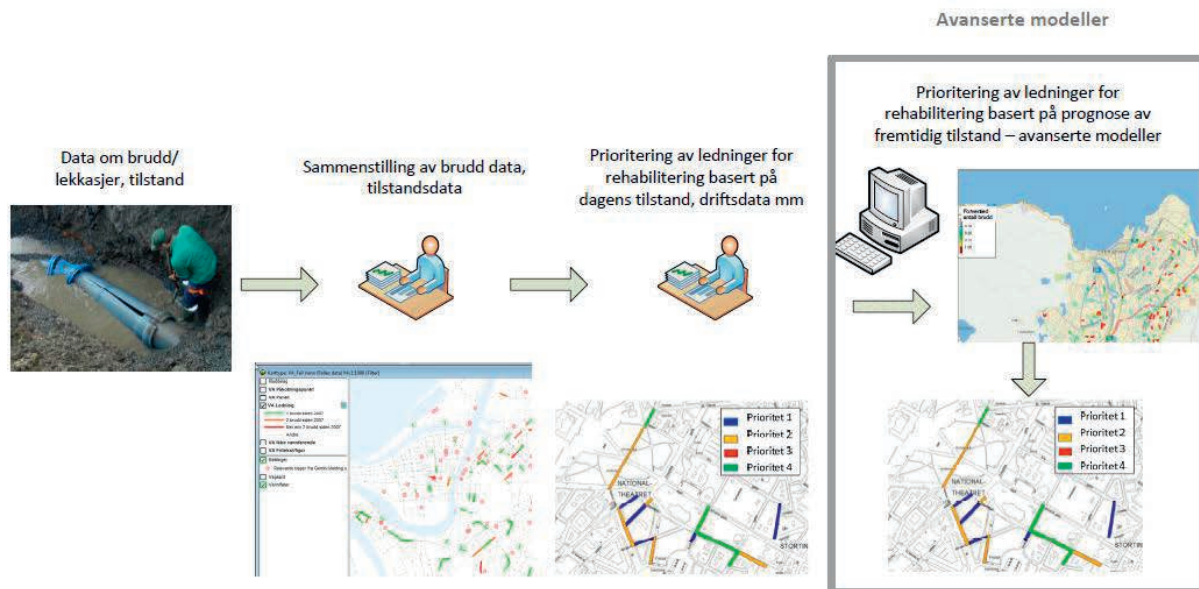
rapporter er noe alle VA-selskaper bør gjøre som en del av tilstandsvurderingen (se kapittel 5.4). VA-verk som har mer tid og ressurser tilgjengelig, kan i tillegg benytte mer avanserte og omfattende metoder, hvor en for eksempel utarbeider prognoser over fremtidig tilstandsutvikling. Slike modeller er grovt beskrevet i kapittel 5.4.2. Utfyllende informasjon om metoder og verktøy er vist i vedlegg. I figur 16 er det også angitt hvor og hvordan mer avanserte metoder og modeller passer inn i prosessen.



Figur 16. Illustrasjon av dataflyt for rørinspeksjon av avløpsledninger via tilstandsvurdering til prioritering av avløpsledninger for rehabilitering

Tilsvarende flytskjema kan også utarbeides for fornyelsesplanlegging av kummer, men for kummer mangler det foreløpig en tilsvarende veiledning som for tilstandsundersøkelse av avløpsledninger.

Figur 17 viser flytskjema for tilstandsvurdering og prioritering av vannledninger for rehabilitering, men med andre datakilder og metoder.



Figur 17. Illustrasjon av dataflyt for tilstandsvurdering og prioritering av vannledninger for rehabilitering

## 5.2. Historisk anleggsutførelse og materialvalg

*Store deler av dette avsnittet er hentet fra kapittel 16 i ny lærebok for VA (Ødegaard et al. 2012, forfatter Sveinung Sægrov) og er inkludert for å gi et bakteppe for tilstandsutviklingen for de enkelte ledningsmaterialer. For en komplett oversikt over historisk anleggsutførelse og materialvalg henvises til læreboken og referansene til denne.*

Vann og avløpsledninger slik vi kjenner dem i dag, er bygget etter 1850. De første kravene til utførelse ble stilt etter 1900, da ledningene ble utsatt for last fra biler og trikker. Inntil andre verdenskrig ble ledningsgrøfter håndgravet og nøyaktig tilpasset med utsparinger for ledningsmuffer. Fra ca. 1950 ble grøftene gravd med maskin. Ledninger bygget i perioden fra 1950 til 1970 har ofte mange feil, som brudd på vannledninger og brudd eller setninger på avløpsledninger.

### Vannledninger

Vannledninger ble fra 1850-årene bygget med rør av grått støpejern støpt horisontalt i sandformer. Etter hvert ble produksjonen forbedret, og fra ca. 1920 ble de fleste rørene støpt vertikalt i roterende former (sentrifugalstøping). Dette ga en jevnere (og derfor noe mindre) veggtykkelse. Såkalte seige støpejernsrør kom på markedet fra ca. 1960, og kunne støpes med vesentlig mindre veggtykkelse enn forløperne. Etter hvert viste det seg at korrosjon var et stort problem, det førte til brudd på rør av grått støpejern og gjennomtæring på rør av seigt støpejern. Fra ca. 1970 ble derfor rør av seigt støpejern beskyttet med innvendig belegg av sementmørtel, og etter hvert også utvendig med påføring av et sink og bitumenbelegg. Senere har det kommet flere typer beskyttelse, bl.a. sink-/aluminiumsbelegg kombinert med ulike typer plastbelegg.

Asbestsementrør ble brukt i en periode fra 1960 til 1976. Dårlig leggeteknikk og nedbrytning av rørene har ført til mange skader. Rør av asbest ble forbudt i 1976 på grunn av sykdomsrisiko ved produksjon og reparasjon av disse rørene. Fra ca. 1970 har rør av termoplast (PVC, PE og seinere også PP) dominert for små og mellomstore diametere. Rør lagt i de første årene har vært utsatt for bruddskader. Materialene har blitt mer motstandsdyktige mot brudd, og ledninger lagt etter ca. 1980 har hatt få skader. For store dimensjoner har armert betong, støpejern, stål, polyetylenrør og glassfiberarmert polyester blitt brukt.

### Avløpsledninger

De eldste avløpsledningene (1850-1910) ble bygget av importerte teglrør. Disse var motstandsdyktige mot kjemikalier, men siden materialet var sprøtt fikk disse anleggene mange skader. De første betongrørfabrikkerne i Norge ble grunnlagt i 1890-årene, og betongrør ble senere produsert lokalt i alle landsdeler. Den økte belastningen på dypere og bredere ledningsanlegg etter andre verdenskrig førte til behov for sterkere rør, og nye normer i 1970 tredoblet styrken. Rør lagt før denne endringen, og med manglende kunnskap om bygging, er ofte utsatt for feil. Rør av PVC er brukt fra 1960-tallet. De første 10 årene førte manglende kunnskap ofte til deformerte rør ved selvføllsledninger og til brudd på pumpeledninger. De senere årene har også glassfiberarmerte rør (GRP) blitt brukt til avløpsledninger med store dimensjoner. Økt styrke på alle rørmaterialer, kunnskap om belastninger på rør og bedre grøfteutførelse fører til at feil er mer sjeldne i dag.

Tabell 2. Ledningsgrupper og tilhørende saneringsbehov (deler av informasjonen er hentet fra Lærebok i VA, kapittel 16, Ødegaard et al (2012))

Materialtype og anleggsår	Beskrivelse av egenskaper	Saneringsbehov
<b>Betong tom 1945</b>	Lokal produksjon, ujevn kvalitet, høy porøsitet, men ofte god legging. Utsatt for brudd, tæring, røtter.	Akutt behov for sanering.
<b>Betong fra 1945 - 1970</b>	Ujevn kvalitet, lav bruddlast og dårlig armering. Dårlig leggemetode og er utsatt for skader. Første generasjons pakninger og mye skjøtfeil.	Akutt behov for sanering.
<b>Betong fra 1970 - 1979</b>	Betydelig økning i krav til styrke, bedre produksjon gav lavere porøsitet og jevnere kvalitet. Bedre leggekvalitet pga forskrifter og rørkontroll. Vesentlig mindre utsatt for feil enn eldre rør.	Begynnende behov for sanering for enkelt ledninger.
<b>Betong f.o.m. 1980</b>	Svært god kvalitet.	Etter 2060.
<b>PVC før 1977 (1. generasjon)</b>	Første generasjons rør, manglende kunnskap om legging, mange deformasjoner, sprøbrudd på trykkør, lav bruddseighet.	Begynnende behov for sanering i dag.
<b>PVC f.o.m. 1977 (2. generasjon)</b>	Betydelig forbedret kvalitet og lenger levetid enn 1. generasjons PVC. Økt bruddseighet gir god motstandsevne mot sprøbrudd, lite utsatt for feil.	Svakt begynnende behov ca. i 2030.
<b>PE fra 1965</b>	Lagt fra 1965. Noen utfordringer med skjøting (speilsveis og elektromuffeskjøt), bedre rutiner og forskrifter har redusert problemet, lite utsatt for feil.	
<b>Asbestsement fra 1960 - 1976</b>	Utsatt for tæring og lekkasjer.	Mange ledninger vil ha akutt behov for sanering, ellers et jevnt behov i årene fremover.
<b>Grått støpejern før 1960</b>	Lagt i perioden 1855- 1960. Sprøtt rørmateriale som er utsatt for bruddskader og korrosjon. Små rørdimensjoner ofte mer utsatt for gjennomtæring enn større dimensjoner.	Store forskjeller fra rør til rør på samme ledning. Må vurderes ut i fra teknisk tilstand og ikke minst konsekvenser siden materialet er sprøtt. Mindre dimensjoner (100-150 mm) av grått støpejern er ofte svært dårlig.
<b>Duktilt støpejern 1960 - 1970</b>	Uten beskyttelse, utsatt for korrosjon og gjennomtæring.	Allerede utskiftet store deler av ledningsnettene noen steder. Stedvis akutt behov for sanering.
<b>Duktilt støpejern 1970 - 1990</b>	Sinkbelegg utvendig, sementmørtelbelegg innvendig, noe varierende kvalitet.	Store forskjeller fra rør til rør for samme ledning. Avhengig av påvirkning innvendig og utvendig.
<b>Duktilt støpejern 1990 -</b>	Forbedret innvendig (slaggsement) og utvendig (spesialbelegg) beskyttelse, forventet lang levetid.	Fortsatt lang levetid.
<b>GRP</b>	Betydelig økning i ringstivhet fra 1984.	Lokale analyser nødvendig. Fortsatt lang levetid for nyere rør.
<b>GAP, GUP, ICO, PEH, PEL, PPP</b>	Mange varianter	Begynnende behov i løpet av få år.

### 5.3. Mål og krav. Funksjonsindikatorer

Funksjonsindikatorer kan benyttes som et verktøy for tilstandsvurdering ved planlegging av ledningsfornyelse. Indikatorene kan brukes i 2 ulike faser av fornyelsesplanleggingen:

Før rehabilitering: *Hvordan fungerer nettet?*

Etter rehabilitering: *Hvordan er virkningen av de ulike rehabiliteringstiltak?*

På grunnlag av historikk for driftsdata, resultat av lekkasjesøk og data fra driftsovervåkningssystemet, kan man utarbeide ulike indikatorer både med hensyn på tidsutvikling og geografisk variasjon. Eksempel på indikatorer kan være: antall reparasjoner per ledning, antall tilbakeslag per år på ledningen etc. Deretter kan man fastsette krav til funksjonsindikatorene som kan brukes til å identifisere ledninger for fornyelse. For eksempel:

- ledninger med flere enn X reparasjoner (avløp)
- antall tilbakeslag (avløp)
- lekkasjeprosent (vann)
- ledninger med flere enn Y brudd (vann)

For flere av disse indikatorene er det viktig å ta hensyn til ledningens lengde og tid mellom hendelsene (reparasjon, brudd, tilbakeslag) for å si noe om tilstandsutvikling og trender.

### 5.4. Tilstandsvurdering av vann- og avløpsledninger

Vurdering av tilstanden til vann- og avløpsledninger bør utføres basert på ulike angrepsmåter og informasjonskilder. Dette kan gjøres ved å vurdere og analysere data som er registrert om ledningene, eller anvende metoder og teknologier direkte, i eller på, ledningene. Driftserfaringer fra driftspersonell bør i tillegg kobles inn som grunnlag for vurdering. De ulike metoder for tilstandsvurdering kan med fordel kombineres for å få best mulig oversikt over tilstandsutviklingen. Det er viktig at informasjonen systematiseres, slik at informasjonen lett kan bearbeides videre digitalt (se kapittel 3).

I det følgende beskrives en del metoder både for vannledninger og for avløpsledninger som direkte eller indirekte sier noe om tilstanden på ledningene (og kummene). Noen metoder er spesifikke for vannledninger og noen metoder er spesifikke for avløpsledninger. Følgende metoder er mest aktuelle i Norge:

- Generelle metoder både for vann og avløp:
  - o Analyse av driftsdata basert på temakart og ulike rapporter
    - Driftsforstyrrelser (vann: rørbrudd, avløp: tilstoppinger og oppstuvning/oversvømmelser)
    - Kundemeldinger
- Spesifikke metoder for vann:
  - o Analyse av vannlekkasjedata, lekkasjesøking
  - o Direkte tilstandsmåling av metalliske ledninger:
    - Uttak av rørprøver som sandblåses og måles
    - Inspeksjon av vannledninger (f.eks. ved bruk av rørskanning)
  - o Tilstandsvurdering av plastledninger
  - o Tilstandsmodellering ved hjelp av statistiske modeller
  - o Kundemeldinger (misfarget vann, vannkvalitetsdata)

- Spesifikke metoder for avløp:
  - o Rørinspeksjon
  - o Beregning av tilrenning og av faren for overbelastning av felles avløpsledninger og overvannsledninger
  - o Tilstandsmodellering vha. statistiske modeller
  - o Overvåking av vassdrag for å si noe om tilstand på avløpsnettet

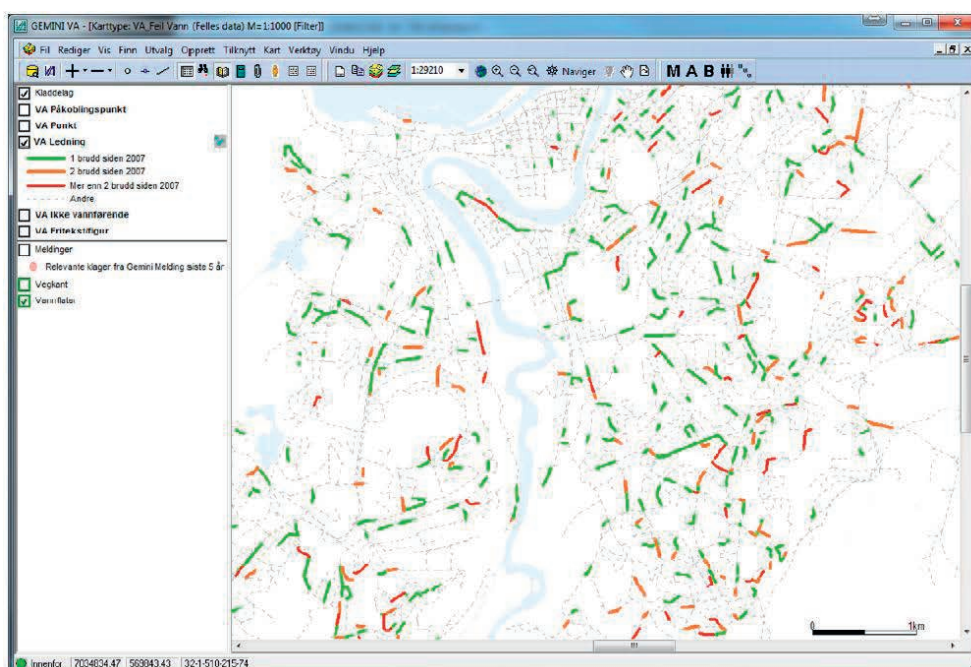
VA-selskaper med store ressurser både personellmessig og økonomisk, vil kunne benytte alle de angitte metodene for tilstandsvurdering, mens andre kommuner bare vil bruke et utvalg av metodene. Kommuner som ikke har så godt ledningsregister kan komme et stykke på vei i saneringsplanleggingen ved å benytte kunnskapen til de ansatte i organisasjonen. De som jobber ute på nettet vil ofte vite hvor skoen trykker. Det er uansett svært viktig i all saneringsplanlegging, både i forbindelse med planlegging og feltarbeid, at man involverer de ansatte som jobber i driftsavdelingen.

**Involver driftsansatte i både planlegging og befaringer/feltarbeider – disse sitter ofte på mye verdifull kunnskap!**

**Hvis ledningsregisteret er tynt i en kommune, kan man komme et godt stykke på vei ved bare å benytte kunnskapen til de ansatte i VA- verket – disse vet ofte hvor skoen trykker!**

#### 5.4.1. Temakart og rapporter fra ledningsregistre som grunnlag for tilstandsvurdering

Dersom kommunene/VA-selskapene har registrert hendelser i ledningsregistre, er dette en god kilde til informasjon for å si noe om tilstanden på VA- ledningsnettet. Ulike temakart og rapporter kan utarbeides som grunnlag for de vurderingene som skal gjøres.



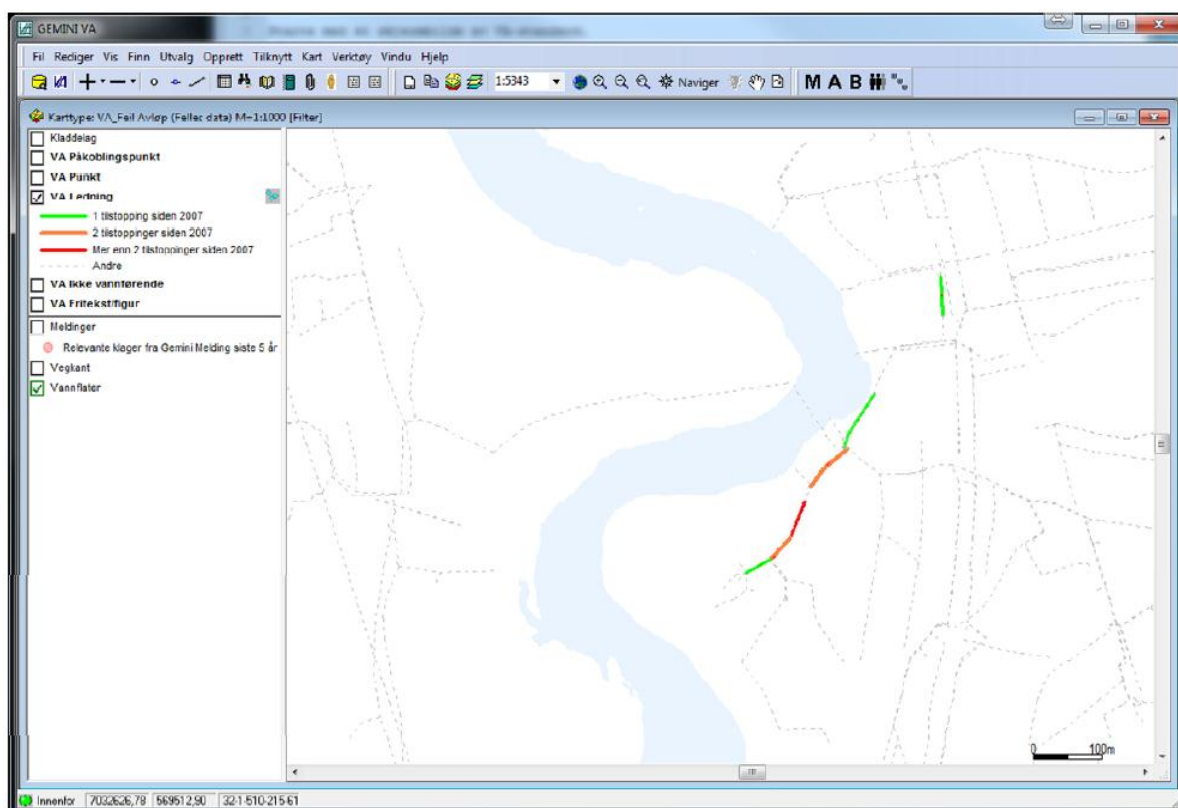
Figur 18. Temakart som viser antall ledningsbrudd for vannledninger og registrerte relevante meldinger/klager.

Informasjon fra temakart vil være grunnleggende informasjon i forbindelse med fornyelses-planleggingen på taktisk nivå.

Nyttige temakart og rapporter for vannforsyning kan for eksempel være "versting plott" som viser vannledninger med flest brudd og lekkasjer (figur 18). Tilhørende innrapporterte meldinger/klager kan også vises. Ut fra data om ledningsbrudd/lekkasjer kan man beregne brudd-/lekkasjefrekvens, og lage en prioritert liste, hvor ledningene med høyest brudd-/lekkasjefrekvens kommer ut på toppen av listen (figur 19). Disse ledningene kan da prioriteres for rehabilitering.

SID	Tema	Type	Status	Gatenavn	Matr	Dim	År	SKP	LES	Antall brudd siste 5 år
2	3755	Vannledning	Hovednett	Drift	General von Kroghs gate	SJG	100	1908	Lade	7
3	3790	Vannledning	Hovednett	Drift	GISLE JOHNSONS GATE	SJG	100	1931	Lade	6
4	4171	Vannledning	Hovednett	Drift	THROND NERGAARDS VEG	SJG	100	1962	Strindheim - Rosenberg	3
5	5140	Vannledning	Hovednett	Drift	GAMLE KONGEVEI	SJK	150	1964	Strindheim - Rosenberg	3
6	6826	Vannledning	Hovednett	Drift	KIRKEGATA	SJK	150	1968	Bakklandet	3
7	6888	Vannledning	Hovednett	Drift	NEDRE MØLLENBERG GATE	SJK	100	1974	Bakklandet	3
8	6979	Vannledning	Hovednett	Drift	WEIDEMANNS VEI	SJK	150	1972	Strindheim - Rosenberg	3
9	6987	Vannledning	Hovednett	Drift	WEIDEMANNS VEI	SJG	150	1912	Strindheim - Rosenberg	3
10	7530	Vannledning	Hovednett	Drift	MARKVEGEN	SJG	100	1920	Strindheim - Rosenberg	2
11	7623	Vannledning	Hovednett	Drift	KLINGENBERGS VEI	SJG	150	1922	Strindheim - Rosenberg	2
12	7869	Vannledning	Hovednett	Drift	KJØPMANNSGATA	SJG	225	1902	Sentrum	2
13	7898	Vannledning	Hovednett	Drift	NYGATA	SJG	150	1959	Sentrum	2
14	7973	Vannledning	Hovednett	Drift	NORDRE GATE	SJK	150	1973	Sentrum	2
15	8290	Vannledning	Hovednett	Drift	SKANSEGATA	SJG	150	1914	Bakklandet	2
16	14105	Vannledning	Hovednett	Drift	KIRKEGATA	SJK	150	1968	Bakklandet	2

Figur 19. Eksempel på rapport over vannledninger med flest brudd/lekkasjer. Rapporten egner seg for videre databehandling



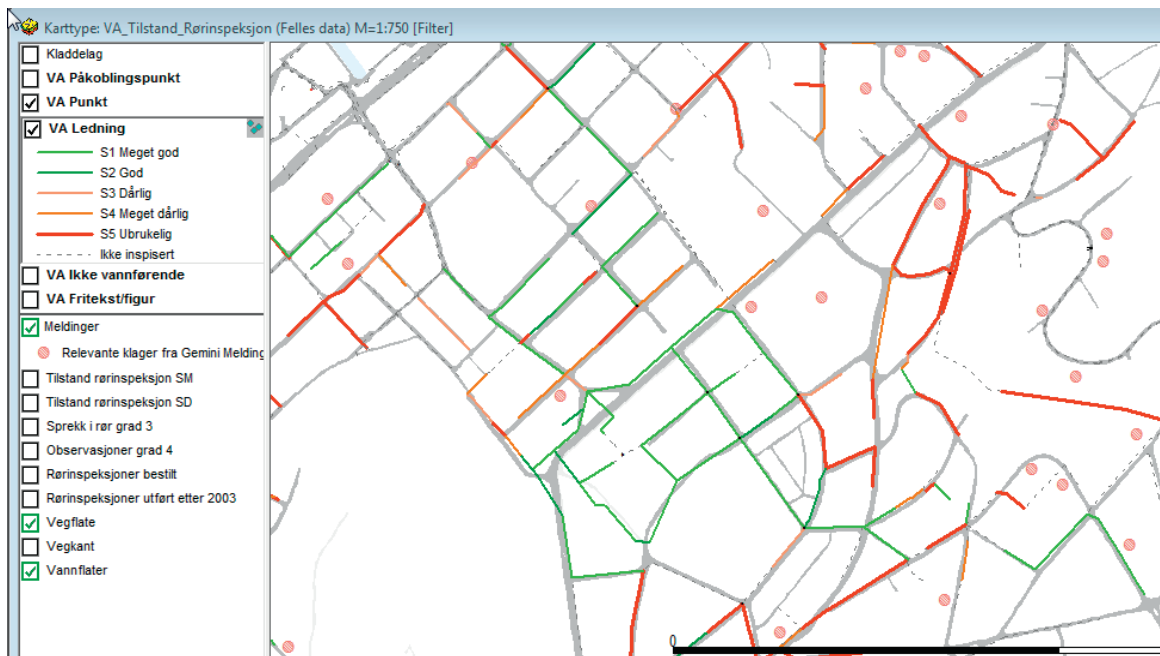
Figur 20. Avløpsledninger med gjentatte spylinger

Dersom VA-selskapet har gjennomført rørinspeksjon for avløpsledninger, kan slik informasjon egne seg som enkle temakart. Tilsvarende kan en også gjøre for vannledninger dersom en har gjort rørinspeksjon f.eks. med rørskaner.

Figuur 21 viser ledninger klassifisert i henhold til skadepoeng, basert på rørinspeksjoner de siste 10 årene (i henhold til Norsk Vann rapport 150). Tilsvarende data kan også settes opp i en rapport/tabell for videre bearbeiding. Meldinger/klager fra abonnenter og publikum kan også rapporteres og samordnes med hendelser for hver enkelt ledning.

I figur 20 er det også angitt detaljert informasjon fra utført rørinspeksjon slik som skadepoeng, antall tilstoppinger siste 5 år og antall spylinger siste 5 år. All slik informasjon kan enkelt sammenstilles så lenge informasjonen er registrert i ledningsregisteret.

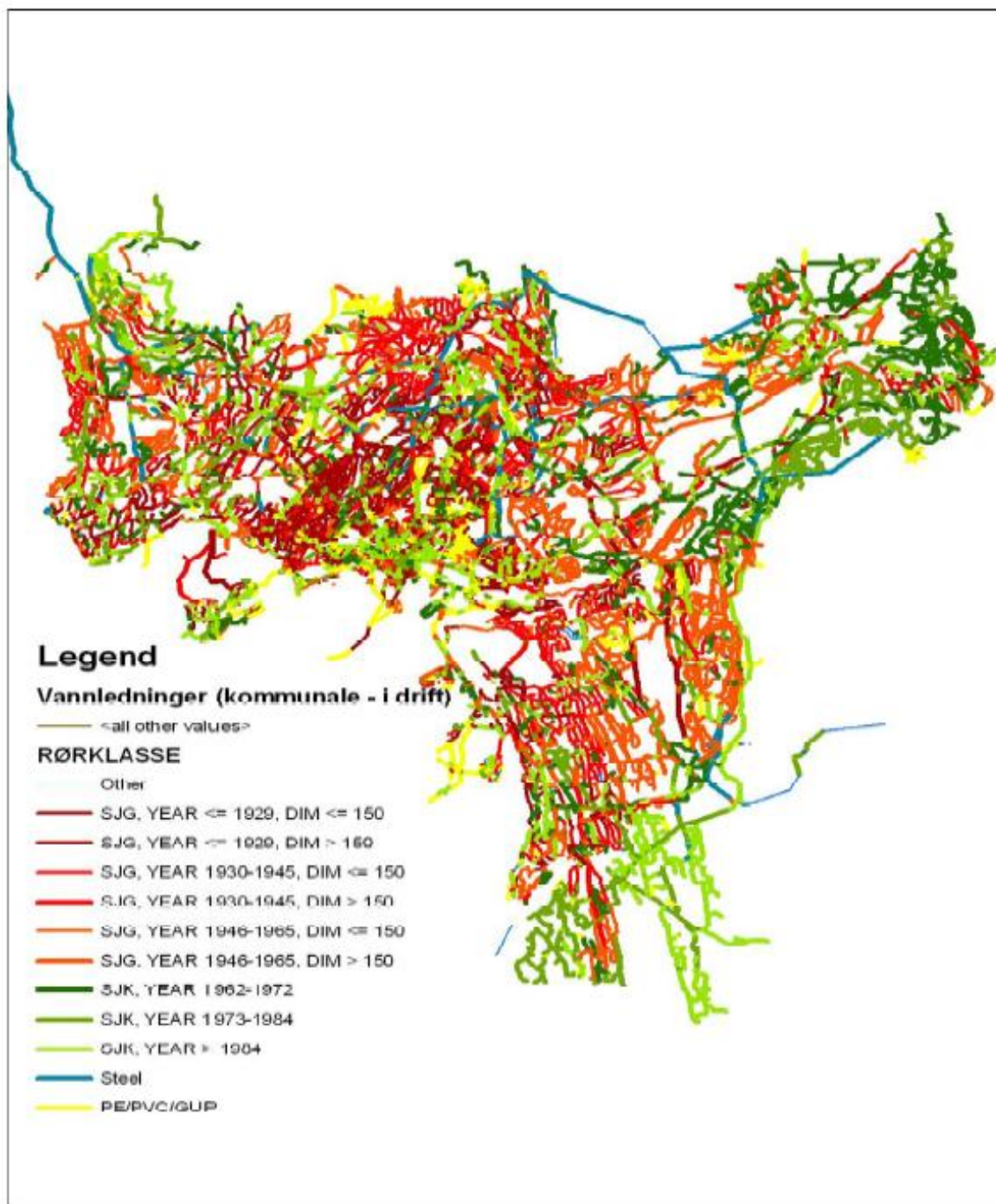
**Bruk av temakart og rapporter, utarbeidet på grunnlag av data fra rørinspeksjoner, er et godt verktøy for utvelgelse av ledninger for fornying. Informasjon om driftsdata (f.eks. kjelleroversvømmelser) vil kunne overstyre data fra rørinspeksjon.**



Figur 21. Avløpsledninger med tilstandsklasser og detaljert angivelse av ulike skadeårsaker angitt for hver enkelt ledning

Tilgjengelige vannkvalitetsdata fra nettet eller kundemeldinger vedrørende vannkvalitet (f.eks. brunt vann) vil også i noen tilfeller kunne si noe om tilstanden på vannledningsnettet, men andre tiltak, slik som riktig spyling av vannledningsnettet, kan ofte være et mer hensiktsmessig tiltak.

Temakart kan utarbeides for grupper av ledninger. Figuren på neste side viser gruppeinndeling av ledninger av grått støpejern (SJG) og duktilt støpejern (SJK) benyttet i Oslo som en del av saneringsplanarbeidet.



Figur 22. Inndeling av ledningsnett i grupper for videre analyser, eksempel Oslo (figur hentet fra Saneringsplan Vann i Oslo VAV)

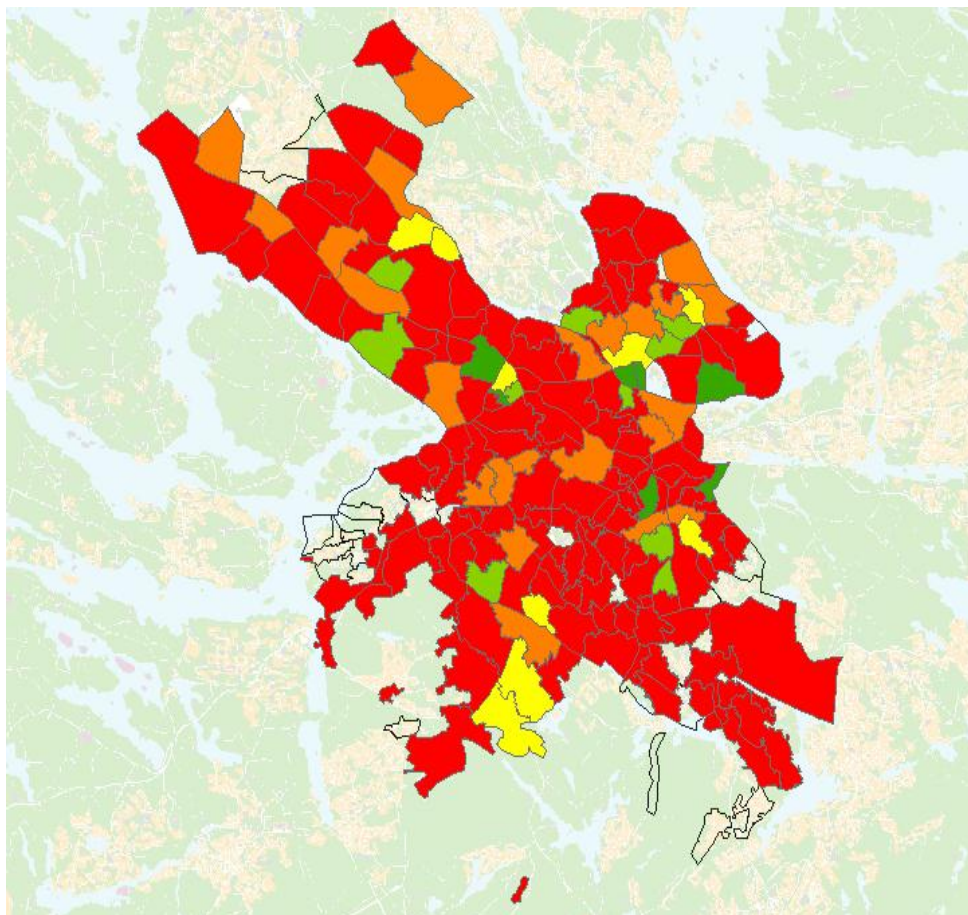
For de enkelte grupper av ledninger kan ulike funksjonsindikatorer beregnes. Tabell 3 viser antall brudd/lekkasjer og brudd-/lekkasjerate (brudd eller lekkasjer/km/år) fordelt på ulike ledningsgrupper. Grupper som starter med PVC angir ulike typer av PVC ledninger. Tilsvarende for ledninger av grått støpejern (SJG), duktilt støpejern (SJK) og asbestsement (AAS).

Slik analyse kan brukes for å dele ledningsnett inn i grupper for videre analyse eller for å identifisere hvilke materialer eller grupper av ledninger som gir de største problemene med brudd/lekkasjer på vannledningsnett. Det er videre viktig å se på utvikling av tilstand som en funksjon av tid. Denne informasjonen kan brukes videre i fornyelsesplanleggingen.

Tabel 3. Eksempel på beregnet hyppighet for brudd/lekkasjer for ulike grupper av vannledninger

Gruppe	Brudd/lekkasjer 1982-1999	Brudd/lekkasjer per km/år
PE	34	0.033
PVC1	15	0.042
PVC2	9	0.007
REST	5	0.049
SJG1	438	0.453
SJG2	457	0.312
SJG3	150	0.169
SJK1	50	0.040
SJK2	18	0.015
AAS1	42	0.259
AAS2	9	0.023

All beskrivende statistikk av ledningsnettets kan kobles opp mot GIS for å lage en oversikt over nettets tilstand og eventuelt være grunnlag for et fornyelseskart. Temakart kan også utarbeides ut i fra geografi som vist i figuren under.



Figur 23. Temakart som viser hvilken verdi en bestemt indikator har i de ulike sonene i vannledningsnettets

## 5.4.2. Metoder for tilstandsvurdering av vannledningsnett

I det følgende beskrives de mest aktuelle metodene for å vurdere tilstanden på vannledninger i Norge. Internasjonalt finnes det et utall av metoder og verktøy som kan benyttes. En omfattende oversikt over metoder som kan anvendes for vannledninger er gitt i EPA (2012) sin rapport "Condition Assessment Technologies for Water Transmission and Distribution Systems".

### 5.4.2.1. Lekkasjesoner og lekkasjesøking

For å få en oversikt over vannforbruket og mulige lekkasjer, deles nettet inn i soner med kontrollert inn- og utstrømning, som måles ved at det installeres permanente vannmålere. Inndeling av soner skjer ofte med bakgrunn i beregninger med strømningsmodeller og slik at forsynings sikkerheten til abonnenter ikke blir for dårlig. Studier av målt nattforbruk kan vise om det har oppstått en lekkasje. I slike tilfeller kan en systematisk kontroll ute i felt iverksettes for å lokalisere lekkasjen til den enkelte ledning/kum. For å lokalisere disse punktene i felt anvendes det normalt lytteutstyr, utstyr som registrerer støyen i kummer over minst ett døgn, og akustisk korrelator. Midlertidig avstenging av ledninger i en målesone er vanligvis også nødvendig, og det er derfor viktig med ventiler som stenger godt. Resultatene fra lekkasjesøking og systematisk analyse av data fra trykksoner kan brukes til å si noe om tilstandsutvikling. Det henvises også til den erfaring som opparbeides hos lekkasjelyttere i kommunene.

Ofte oppdages lekkasjer ved at abonnenter melder om lavt trykk, eller at vann observeres på overflaten. For vannledningsnett kan registrering av vannlekkasjer gi et forenklet bilde av tilstanden til ledningsnettet.

Vannlekkasjemengden varierer mye fra kommune til kommune. Av alt vann som produseres er det normalt at vanntapet i en norsk kommune ligger i området 15-50 %, så potensialet for reduksjon er stort.



Figur 24. Eksempler på lekkasje på vannledninger av duktilt støpejern (Foto: Asplan Viak og Trondheim kommune)

#### Eksempel fra Skien kommune

Før de siste, kalde vintrene hadde Skien et lekkasjetap på anslagsvis 25-30 %. Som en følge av de kalde vintrene i 2010 og 2011 steg lekkasjetapet til ca. 35 %. Dette er i løpet av 2011 og 2012 blitt redusert til opprinnelig nivå. Nye lekkasjer oppstår hele tiden, og Skien kommune har anslått at uten en aktiv lekkasjekontroll ville lekkasjetapet i Skien vært høyere enn 50 %. Det vanlige lekkasjetapet i Skien tilsvarer lekkasjen fra 40 sirkulære hull med diameter 10 mm og vanntrykk på 50 meter. Det kommunale ledningsnettet i Skien har en lengde på 500 km, og det repareres årlig 80-100 lekkasjer/brudd. I tillegg kommer 30-60 lekkasjer på private stikkledninger.

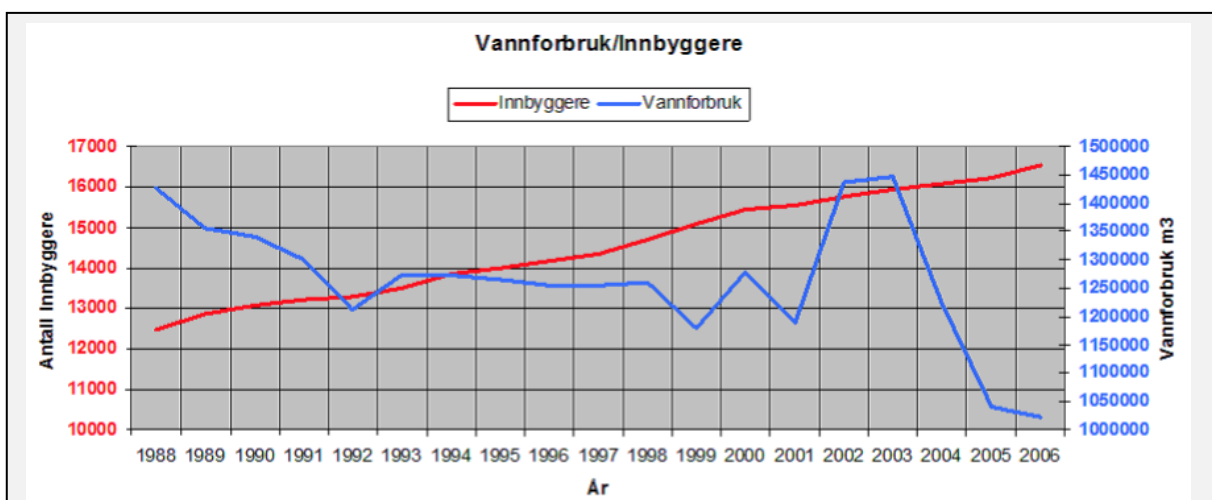
(forts. neste side)

Antall reparerte lekkasjer varierer sterkt fra ledningstype til ledningstype. I Skien er det for det kommunale nettet størst innsats på ledninger av galvanisert stål, ledninger av asbestsement med dårlig kvalitet, ledninger av grått støpejern (i områder med setninger eller fjellgrøft) og vannkummer. Når det gjelder private stikkledninger, er problemene størst på ledninger av galvanisert stål.

Når det gjelder det **kommunale** vannledningsnett er det i Skien kommune anslått at **70 % av lekkasjetapet er knyttet til 10 % av ledningsnett**. Det er følgelig viktig at dette gjenspeiles i fornyelsesplanleggingen. Massiv fornyelse av det kommunale vannledningsnett for å få ned lekkasjetapet er ikke riktig løsning, men det satses heller på en kombinasjon av:

1. Automatisk overvåking av vannforbruket i egne målesoner, slik at nye lekkasjer oppdages raskt, og lekkasjer kan lokaliseres raskt. For andre kommuner kan dette innebære installering av flere vannmålere ute på nettet, som overvåkes automatisk. Samt at deler av vannledningsnett bygges om, slik at effektiv overvåking blir mulig.
2. Rask utskifting av den lille delen av det kommunale vannledningsnett som har stort lekkasjetap
3. Følge opp reparasjon av lekkasjer på private stikkledninger

Figur 25 viser hvordan resultatene av planmessig sanering av vannledningsnett kan slå ut på lekkasjemengden for et vannverk.



I perioden 1988 til 2006 økte befolkningen i kommunen med 4000 innbyggere, fra om lag 12000 til over 16000. Som en følge av planmessig utskifting av 7 km med dårlige og utette vannledninger, har total vannproduksjon i kommunen blitt redusert fra 1,4 millioner m<sup>3</sup>/år til 1 million m<sup>3</sup>/år. Dette tilsvarer en reduksjon på 29 %. Ytterligere positive konsekvenser for kommunen vil være lavere kostander til vannproduksjon og til distribusjon av vannet. I tillegg vil dagens vannbehandlingsanlegg og vannkilde kunne levere til en enda større fremtidig befolkning med dagens infrastruktur.

Figur 25. Resultat av planmessig sanering på vannledningsnett med hensyn på lekkasjer (Nesodden kommune)

Tilsvarende gjelder for Bærum, som har gått fra et årlig totalt vannforbruk på 22 millioner m<sup>3</sup> på slutten av 90-tallet til 15 millioner m<sup>3</sup>, pga. sanering av ledninger og lekkasjesøking.

Tabell 4. Prosentvis fordeling av antall lekkasjer i hoved- og stikkledninger

<b>Vestfold Interkommunale vannverk (153.000 abonnenter i 10 kommuner)</b>				
Påviste lekkasjer	<b>2010</b>		<b>2011</b>	
	Antall	%	Antall	%
Stikkledninger	229	<b>57</b>	240	<b>55</b>
Kommunale hovedledninger	174	<b>43</b>	197	<b>45</b>
SUM	403	100	437	100

Lekkasjer på private ledninger er vanligvis små i forhold til lekkasjer på kommunale ledninger. Men problemet med små lekkasjer på private ledninger, er at de kan stå svært lenge før de oppdages, mens store lekkasjer på kommunale ledninger avdekkes raskt og repareres hurtig.

**Lekkasjeeksempel:**

**Et sirkulært hull med diameter 10 mm og vanntrykk 50 meter vannsøyle kan gi et lekkasjetap på 5 m<sup>3</sup>/time eller 120 m<sup>3</sup>/døgn. Dette svarer til vannforbruket til mer enn 500 personer. Slike små hull er en stor utfordring- uansett om de er på private stikkledninger eller på kommunale hovedledninger.**

Voss kommune har siden 1990 jobbet aktivt med lekkasjesøking. Erfaringene fra Voss i etterkant av skarpt søkelys på lekkasjer på kommunale vannledninger, er at nå er om lag 75 % av vannlekkasjene på det private stikkledningsnettet, mens 25 % av lekkasjene er på det kommunale.

Som en følge av dette, har Voss kommune sluttet å anbore (dvs. "ta hull på") nye vannledninger og istedenfor tilknyttet alle private stikkledninger i felles kummer ("Vossakummen").

**Utfordring:**

- **Store lekkasjer: «avdekkes raskt /repareres hurtig»**
- **Små lekkasjer: «pågår mye lenger»**

For å redusere lekkasjenivået bør også reduksjon av trykket vurderes. En trykksenkning vil kunne redusere lekkasjetapet betydelig. Man kan også vurdere nattsenkning av trykk (når vannforbruket er lavt) som et alternativ til permanent redusert trykk. Tilstanden på ledningsnettet vil ikke endre seg selv om trykket reduseres. Hullene i ledningene er der fortsatt, men vannmengdene som lekker ut reduseres. Faren for innsug av forurenset vann i perioder med trykkløst nett forblir også uforandret.

Trykkreduksjon er følgelig relevant for hovedplan og saneringsplan, men ikke relevant i forhold til fornyelsesplanlegging, og blir derfor ikke ytterligere omtalt i veiledningen.

#### 5.4.2.2. Direkte måling av godstykkelse på metalliske rør

Direkte måling av rørtilstand for drikkevannsledninger av støpejern og stål kan utføres på hovedsakelig to måter. En metode er å ta ut stikkprøver i form av en liten del av en ledning, for så å utføre målinger i laboratorium. En annen, mer grundig metode, er å bruke en rørskanne som føres inn i ledningene og måler gjenværende godstykkelse og om eventuell korrosjon er inn- eller utvendig.

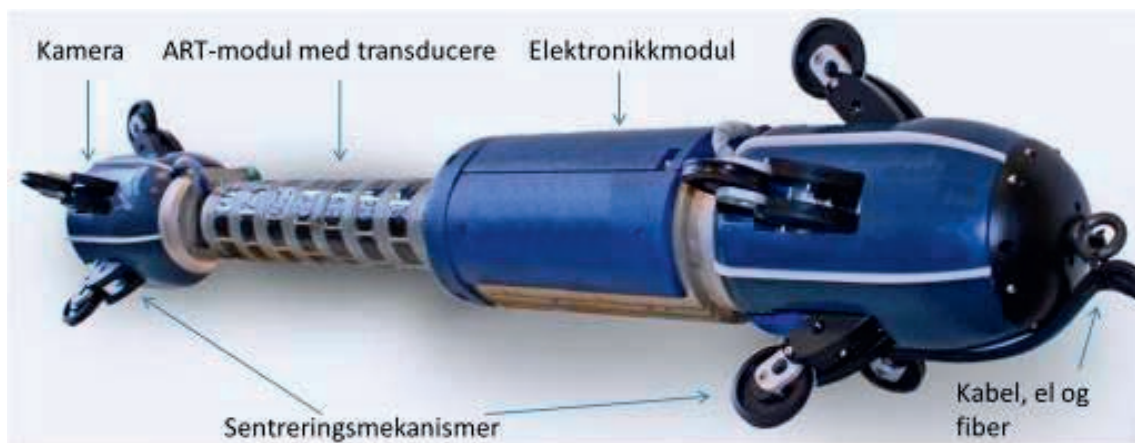
#### Uttak av rørprøver som sandblåses og måles

Uttak av deler av ledninger utføres gjerne som enkeltprosjekter, og gjerne i kombinasjon med et ønske om å finne ut mer om ledningens tilstand, tilstandsutvikling og forventet levetid. Slike prøver tas gjerne fra større overføringsledninger eller lignende, for å få en bedre oversikt over ledningens faktiske tilstand. Denne informasjonen kan brukes når man planlegger den enkelte ledning, og andre lignende ledningers, framtidige fornyelse. Ulempen med rørprøver er at dette er en destruktiv metode, siden en tar ut deler av røret. Ledningen må repareres etterpå. Dersom rørprøver tas ut i forbindelse med reparasjonsarbeider på nettet, vil rørprøvene bare kunne være fra de dårligste delene av ledningsnettet, og erfaringsoverføringen til andre ledninger er utfordrende.

For ledninger av særlig grått støpejern, men også duktilt støpejern, er det vanlig med stor variasjon av godstykkelse ved rørproduksjon. Dette forholdet må det tas hensyn til ved sammenstilling av data fra flere rørprøver.

#### Rørskanning av metalliske rør

Breivoll Inspection Technologies (BIT) har utviklet en rørskanne som føres inn i drikkevannsledningene og måler tykkelsen på rørveggene ved hjelp av avansert ultralyd (se figur 26). Rørveggen settes i resonanssvingninger med en bestemt frekvens, som entydig avhenger av veggtykkelsen. Metoden avdekker også innvendig og utvendig korrosjon (se figur 27). Flere kommuner har begynt å gjennomføre tilstandskontroll av vannledningsnettet med denne metoden.



Figur 26. Rørskanne (Foto: BIT)

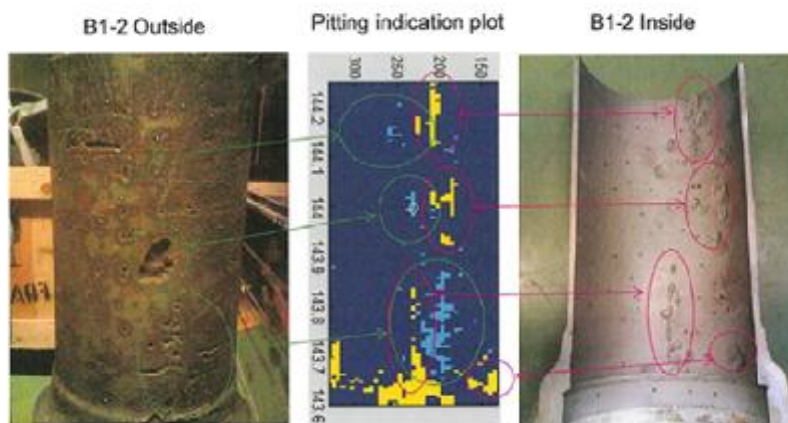
Rørskanneren kan både avdekke dårlige ledninger som har behov for fornying, og den kan friskmelde ledninger som ellers ville ha blitt fornyet. Resultatene fra rørskanneren brukes også til å vurdere hvilken renoveringsmetode som egner seg for en gitt ledning. Dersom problemene på en ledning bare skyldes innvendig korrosjon, kan påføring av belegg være et effektivt tiltak. Dette har blant annet vært tilfellet i Oslo, hvor man har kjørt et større prosjekt for innvendig belegning av drikkevannsledninger. Skyldes problemene både innvendig og utvendig korrosjon, må andre fornyelsesmetoder benyttes.

Målingene kan utføres på ledninger med diameter fra og med 250 mm til og med 600 mm. I tillegg til målinger av gjenværende veggtykkelse og korrosjon, kan teknologien:

- detektere kummer, skjøter, bend og innsnevring
- detektere langsgående forskjøvne skjøter
- detektere tilkoblinger, ventiler og stikkledninger

Under bruk i fornyelsesplanlegging kan systemet hjelpe kommuner med å kartlegge korrosjonsproblemer og tilstand på ledningene (innen de gitte rammer for diameter og material), og bidra i beslutninger om ledninger skal skiftes ut, renoveres eller delvis skiftes ut/renoveres.

### Indikasjon av innvendig og utvendig korrosjon



Figur 27. Verifikasjon av BITs registreringer av innvendig og utvendig korrosjon utført av SINTEF ved sandblåsing og optisk måling av korrosjonsgroper

Foruten begrensinger på hvilke rørdimensjoner som dagens utgave av rørskanteren kan benyttes på, er det i tillegg anleggstekniske krav for at metoden skal la seg benytte. Dette er også en relativt arbeidskrevende metode, og vil av disse grunner kun kunne benyttes for kartlegging av deler av ledningsnett med dagens utstyr, men det foregår utvikling for at rørskanteren skal ha et større virkeområde. Til tross for praktiske utfordringer, så har de kommuner som per i dag benytter rørskanning kunnet dokumentere store besparelser knyttet til bruk av denne metoden.

#### 5.4.2.3. Feilårsaker og tilstandsvurdering av plastledninger

I det følgende gis en kort innføring av tilstandsutvikling og tilstandsvurdering av plastledninger (PE og PVC). For utfyllende informasjon refereres til rapporten Termoplastrør i Norge – før og nå" (Hafskjold og Sægrov, 2007).

Brudd på PE-ledninger kan framkomme som seigbrudd eller sprøbrudd. Sprøbrudd har to årsaker:

- sakte sprekkvekst
- kjemisk brudd (at polymeren brytes ned eller dekomponerer)

Hvis overflaten blir sprø, kan dette føre til sakte sprekkvekst. Årsaker til sakte sprekkvekst kan være:

- dårlig blanding av plastmassen
- feil prosessering
- feil mengde antioksidant slik at overflaten blir oksidert
- feil skjøting

I og med at kunnskap om produksjon av PE-rør og drift av VA-anlegg har blitt mye bedre de senere år, er det i tillegg til feil ved sveising/skjøting, ofte feil ved legging som begrenser levetiden til en ledning som legges ny i dag. Typiske feil ved legging er:

- Overflateriss ved transport/legging. Skyldes at ledningen dras på bakken eller annen uforsiktig håndtering
- Anlegg mot stein
- Dårlig fundamentering som medfører stor deformasjon av røret
- For lang avstand mellom lodd for sjøledning, heng i ledning, eller andre belastninger

Det er usikkert hvor stor betydning overflateriss har, men det vil kunne være uheldig av minst to årsaker:

- Veggtykkelsen reduseres, slik at sikkerhetsfaktoren også reduseres. Et riss med dybde 10 % av rørveggenes tykkelse, vil redusere sikkerhetsfaktoren fra 1,25 til 1,125. For to rør med ulik veggtykkelse vil en 1 mm rype ha størst negativ konsekvens for det tynneste røret.
- Et riss kan fungere som et kjerv/bruddanviser, på grunn av at man får en spenningskonsentrasjon i bunnen på risset. Dette kan medføre at sikkerhetsfaktoren reduseres med mer enn prosentvis reduksjon i forhold til rørveggenes tykkelse.

De tre hovedprosessene som bryter ned PVC er:

- **Kjemisk nedbrytning.** Denne typen nedbrytning skyldes at HCl løses ut fra molekylkjedene. Dette skjer svært sakte ved normale driftstemperaturer (10 °C), men hurtig ved høye temperaturer. I spesielle tilfeller ved avløpsledninger eller trykkrør som transporterer varmt vann (over 20 °C), må en være oppmerksom på dette forholdet
- **Fysisk nedbrytning.** Den fysiske aldringen gjør at PVC blir stivere, men samtidig mer sprøtt. Dette undersøkes best ved måling av strekkstyrken
- **Mekanisk nedbrytning.** Mekanisk nedbrytning skyldes initiering av mikrosprekker/krakelering eller større sprekker, som har oppstått under legging og håndtering av røret. Det kan også skyldes feilproduserte rør, for eksempel ved at det har kommet en fremmedpartikkel/forurensning i plasten. Nedbrytningen avhenger av belastningene som røret blir utsatt for over kort og lang tid.

For å teste tilstanden på rør av PVC og PE, vil uttak av rørprøver være en egnet metode.

#### 5.4.2.4. Tilstandsmodellering av vannledninger med statistiske modeller

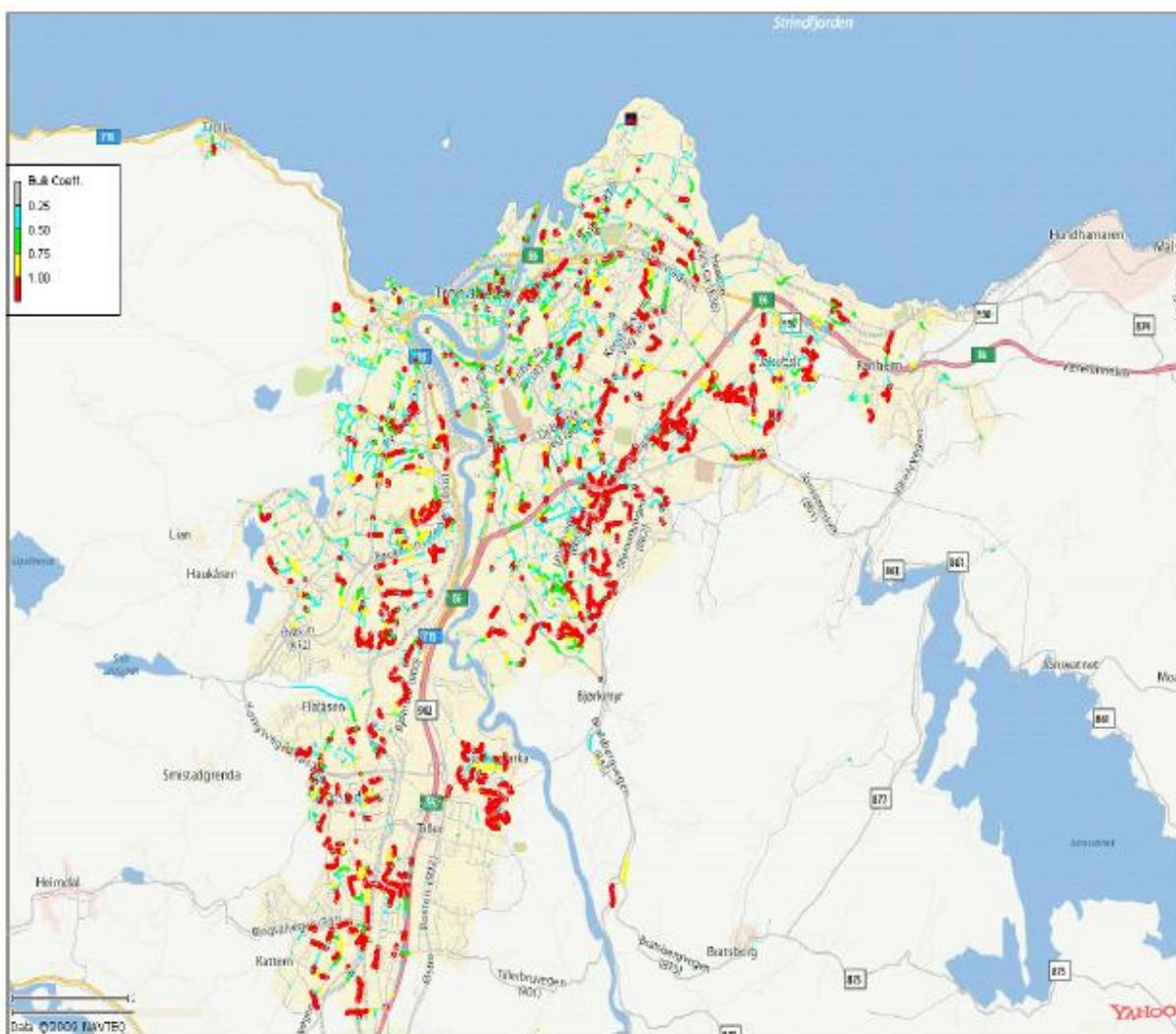
Tilstandsmodeller for vannledninger kan brukes til å si noe om fremtidig tilstand for hver enkelt ledning. Basert på historiske data for brudd/lekkasjer, kan en modell for fremtidige brudd/lekkasjer for hver enkelt vannledning etableres. Slike modeller vil si noe om sannsynligheten for svikt/dårlig tilstand for den enkelte ledning. Dette gjelder både for ledninger med historiske brudd/lekkasjer og for ledninger som ennå ikke har observert brudd/lekkasjer.

Modellen er en avansert regresjonsmodell hvor en tar hensyn til ulike forklaringsvariabler (for eksempel dimensjon, grunnforhold, vanntrykk, materialtype). En slik statistisk analyse kan ikke peke ut eksakt hvilke ledninger som vil ha feil i et gitt år, da ledningsbrudd oppstår med en grad av tilfeldighet og påvirkning fra ytre forhold (eks. unormalt kald vinter), som en slik modell ikke vil klare å fange opp. Programmene beregner derimot sannsynligheten for at hver enkelt ledning vil få brudd/lekkasjer i den nærmeste framtid, basert på informasjon om tidligere brudd/lekkasjer i ledningsnettet og ledningenes egenskaper.

En modell som kan benyttes til dette er LEYP/Casses, som er en videreutvikling av feilprediksjonsverktøyene som ble utviklet i EU prosjektet CARE-W.

Prediksjonsmodeller forutsetter at egenskapsdata og driftsdata er registrert. Det bør helst være 5-10 år med registreringer for at analysene skal bli gode. Det er viktig å legge merke til at det er viktigere med korte og komplette historier, enn lange tidsserier med mangelfulle data.

Figur 28 viser forventede antall brudd/lekkasjer for alle vannledningene i Trondheim for en gitt periode. Røde og gule ledninger er de ledningene som man forventer flest brudd/lekkasjer på i tiden fremover. Modellen gir også resultater for ledninger hvor det så langt ennå ikke har vært registrert brudd/lekkasjer. En prognose for tilstand for slike ledninger estimeres på bakgrunn av erfaringer fra andre tilsvarende ledninger med de samme egenskapene/variablene.



Figur 28. Forventede antall brudd/lekkasjer (pr år) for hver enkelt ledning beregnet med en statistisk feilprediksjonsmodell (Bruaset m.fl. 2010)

Utfyllende beskrivelse av metode som kan benyttes for feilprediksjon av vannledninger er vist i Vedlegg C1.

### 5.4.3. Metoder for tilstandsvurdering av avløpsnett

I det følgende beskrives de mest aktuelle metodene for å vurdere tilstanden på avløpsledninger som benyttes i Norge.

I tillegg til disse spesifikke metodene for avløp er også de generelle metodene, som bruk av temakart for ulike typer driftsdata (se kapittel 5.4.1) aktuelle.

#### 5.4.3.1. Rørinspeksjon/videoundersøkelse av avløpsledninger

Rørinspeksjon med bruk av video er en vanlig benyttet metode for tilstandsvurdering av avløpsnett i Norge, for å få en oversikt over tilstanden på ledningsnett. Det er vanlig at man foretar rørinspeksjon på ledninger som man har problemer med, og noen kommuner har i tillegg et opplegg for rørinspeksjoner av alle ledninger i avløpsnett over en viss tidsperiode. Rørinspeksjon av ledningsnett, med påfølgende utarbeidelse av tilstandskategori, er en god og sikker måte for å avdekke tilstanden til en avløpsledning.

Inspeksjonen gjennomføres ved at kameraet kjøres inne i ledningen. Når en feil/svikt registreres, noteres posisjon og alvorlighetsgrad. I Norsk Vann rapport 145 og 150 (se under) er systemet for klassifisering av observasjoner beskrevet. Viktige feiltyper er:

- sprekke i røret
- innstukket grenrør
- forskjøvet skjøt
- røtter i ledningen
- motfall og korrosjon

**Enkelte kommuner har sett at rørinspeksjon er såpass nyttig og lønnsomt at de har gått til innkjøp av egen rørinspeksjonsbil og ansatt personell på heltid kun for å rørinspisere**

Feilene graderes fra 1-4, der 4 er mest alvorlig. Karakter 0 angir "feilfritt" rør. Alle feil på en ledningsstrekning summeres og danner grunnlag for beregning av ledningens tilstandsgrad. Basert på grenseverdier for tilstandsgrader, fastsettes tilstandsklassen for hver enkelt ledning. Det er 5 tilstandsklasser:

- S1 (meget god)
- S2 (god)
- S3 (dårlig)
- S4 (meget dårlig)
- S5 (ubrukelig).

Det er vanlig å friskmelde ledninger i tilstandsklasse 1 og 2, å vurdere tiltak i klasse 3 og å gjennomføre tiltak for klasse 4 og 5.

I følgende rapporter er inspeksjon og klassifisering ytterligere beskrevet: Norsk Vann rapport 145/2005 (Inspeksjonsmanual for avløpssystemer. Del 1 – Ledninger) og Norsk Vann rapport 150 (Dataflyt klassifisering av avløpsledninger). Det er også utarbeidet et eget VA-/miljøblad (nr. 51/2001) som er under revidering.

**For at rørinspeksjonsdata skal kunne brukes til fornyelsesplanlegging, er det viktig at registreringene overføres til ledningsregister/kartdatabase. Det er først da at nytten av dataene blir stor.**

Basert på data fra disse inspeksjonene kan man utarbeide fornyelsesplaner hvor man rangerer ledningene basert på dagens tilstand (se figur 16). Som oftest vil man ikke kunne inspisere og samle inn data om alle ledningene, men kun et utvalg av ledninger. Rørinspeksjonsdata danner også grunnlag for mer avanserte modeller for å kunne lage prognoser for fremtidig tilstand for hver enkelt ledning. Dette gjelder for de ledningene som er inspisert, og i tillegg kan modellene også brukes for å si noe om de ledningene som ikke er inspisert. Mer om dette i kapittel 5.4.3.4.

Rørinspeksjon kan være avgjørende for å bestemme hvilken metode for fornyelse som skal velges, for eksempel full utskifting eller inntrekning av strømppe.

**Ledningenes tilstandsklasse, som et resultat av rørinspeksjoner, er gode grunnlagsdata som kan benyttes for å utarbeide temakart og fornyelsesplaner.**

**Hvis det er mye fremmedvann i en del av et avløpsnett og man ikke finner årsaken, kan en god mulighet være å inspisere ledningene i området med videokamera. I tillegg til at man da vil avdekke eventuell innlekking eller feilkobling som er årsaken til fremmedvannet, kan resultatene fra rørinspeksjonene benyttes til å utarbeide fornyeskart over ledningsnettet i området.**

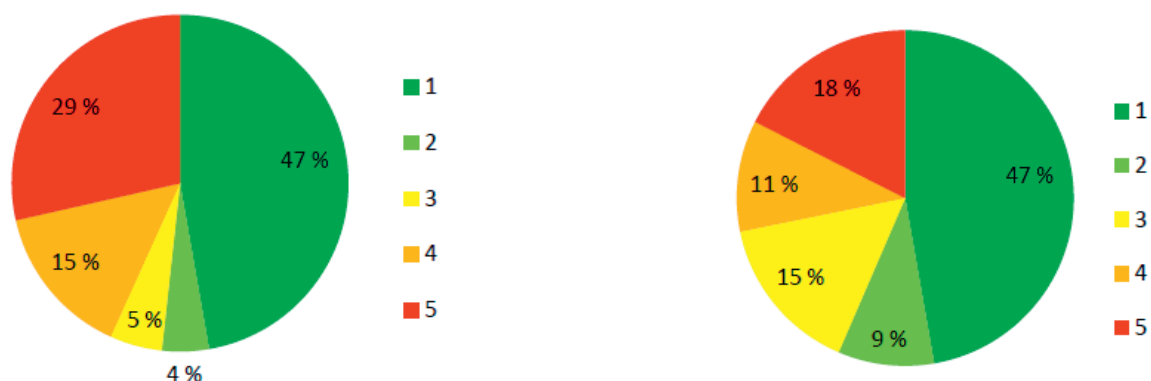
En del kommuner har valgt å revidere grenseverdiene for tilstandsklasser i henhold til rapport 150 for at de bedre skal stemme med egne erfaringer. Særlig gjelder dette dersom det er korrosjon på betongledninger over lengre strekninger, som medfører at mange ledninger kommer i de dårligste skadeklassene. For eksempel har kommunene Trondheim og Oslo revidert og tilpasset grensene for de ulike skadeklasser som angitt i tabell 5.

Tabell 5. Reviderte verdier for tilstandsklasser

Skadeklasse	Tilstandsklasser Rapport 150	Reviderte verdier ihht. Trondheim kommune	Reviderte verdier ihht. Oslo kommune, VAV
1	0-10	0-10	0-10
2	11-20	11-30	11-40
3	21-40	31-70	41-100
4	41-99	71-149	101-150
5	>99	>149	>150

Ved å endre grenseverdiene mellom de ulike skadeklasser blir fordelingen av antall ledninger i hver klasse også endret.

I figuren på neste side er det vist hvordan dette slår ut for Oslo kommune, VAV.



Figur 29. Sammenligning av ulike grenseverdier for skadeklasser på avløpsledninger (Rapport 150 verdier til venstre og Oslo VAV til høyre)

Basert på erfaringene fra ulike kommuner knyttet til praktisk bruk av grenseverdiene for skadeklasser angitt i Norsk Vann rapport 150: Dataflyt - Klassifisering av avløpsledninger, oppfordres Norsk Vann/Rørinspeksjon Norge til å revidere rapporten med hensyn til grenseverdiene.

Det er viktig å være klar over at selv en "feilfri" avløpsledning kan ha for liten hydraulisk kapasitet. Dette gjelder særlig felles avløpsledninger. Hyppige tilbakeslag/ kjelleroversvømmelser kan følgelig "overstyre" resultatene fra rørinspeksjon og medføre at ledninger som har en relativt god byggeteknisk tilstand likevel vil bli fornyet.

#### 5.4.3.2. Tilstandsundersøkelser av vassdrag som informasjonskilde

Resultatene fra tilstandsundersøkelser av vassdrag (elver og bekker) kan også brukes til å si noe om tilstanden på avløpsnett. Høye verdier av mikrobiell forurensing i bekker kan skyldes overløpsdrift, lekkasjer på avløpsnett, feilkoblinger osv. Analyser i tørrværsperioder vil kunne avdekke utslipp som ikke skyldes regn. F.eks. kan funn av *E. coli* i tørrværsperioder tyde på feilkoblinger i ledningsnett. Meldinger om lukt og synlige utslipp, er også nyttig informasjon for å kunne si noe om tilstanden på ledningsnett i nærheten av vassdrag.

Flere kommuner har brukt slik informasjon for å identifisere problemer.

#### 5.4.3.3. Data fra driftskontrollanlegg.

Analyser av driftsdata fra renseanlegg, pumpestasjoner, overløp og vannføringsmålere (målekampanje), kan benyttes for å vurdere nettets funksjon og fremmedvannmengder. Man kan for eksempel etablere variasjons- og varighetskurver på grunnlag av data for pumpet mengde for den enkelte pumpestasjon. Kurvene sammenlignes med spesifikk spillvannsproduksjon i pumpesonen, og nedbørdata for samme periode som mengdedata, for å avdekke mengde og type fremmedvann. Utfordringen ved å benytte driftsdata på denne måten, er at det ofte er mye jobb med bearbeiding og tilrettelegging av data i forkant av analysene, da disse ofte er mangelfulle og inneholder mange feilregistreringer.

**Data fra driftskontrollsystem kan være et godt grunnlag for gjennomføring av analyser – det er da avgjørende at VA-verket/kommunen har driftsdata som er kvalitetssikret og på hensiktsmessig format**

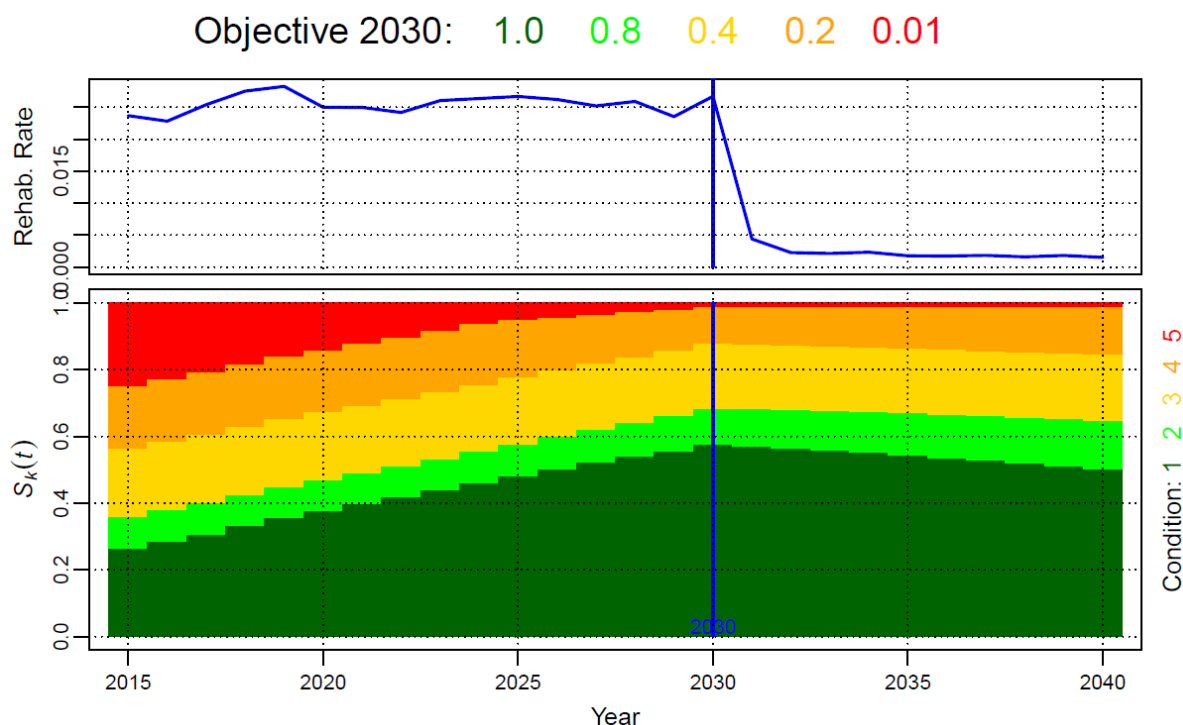
Den normale overvåkingen av data fra driftskontrollanlegget kan også brukes for å vurdere hvilke ledninger/deler av ledningsnett som har behov for rørinspeksjon.

#### 5.4.3.4. Statistisk modellering av tilstand på avløpsledninger basert på rørinspeksjon

Med utgangspunkt i rørinspeksjonsdata kan mer avanserte modeller anvendes for å beregne fremtidig tilstandsklasse for hver enkelt avløpsledning. En slik modell tar utgangspunkt i egenskapsdata (leggeår, materiale, diameter etc.) og rørinspeksjonsdata for hver enkelt ledning. Basert på en statistisk modell finnes deretter sammenhenger i data som kan benyttes til å lage prognoser for hver enkelt ledning. Resultatene kan brukes både for ledninger som har rørinspeksjonsdata og for ledninger hvor en ikke har dette. Et eksempel på en slik type modell er GompitZ, som er en videreutvikling av tilstandsmodellen fra EU prosjektet CARE-S<sup>1</sup>.

Basert på rørinspeksjonsdata som vist i **Feil! Fant ikke referanseilden.**, kan den forventede fremtidige tilstanden for hver enkelt avløpsledning beregnes. Dette er vist i figur 30 som viser det samlede fornyelsesbehovet for ledningsnett, hvor det er satt som mål at maksimalt

1 % (0,01) av ledningsnett skal være i klasse 5 (dårligste tilstandsklasse, dvs. "ubrukelig") i år 2030. Figuren viser at gjennomsnittlig årlig fornyelse må ligge rundt 2,5 % for at en skal oppnå en slik tilstand på ledningsnett i slutten av analyseperioden. Aggregerte resultater fra en slik analyse kan følgelig også brukes på overordnet strategisk nivå, hvor tiltakene sees i forhold til fastsatte mål. De detaljerte resultatene for hver enkelt ledning kan brukes på et mer taktisk nivå (kapittel 6), der en sammenstiller dette med konsekvensene for svikt, og beregner kostnader for fornyelse.



Figur 30. Detaljert analyse av fornyelsesbehov basert på rørinspeksjonsdata og bruk av statistisk modell (eksempel fra Ugarelli m.fl. 2012 hvor modellen er anvendt for Oslo VAV)

Utfyllende informasjon om avansert modell for tilstandsmodellering av avløpsledninger er gitt i Vedlegg C2.

<sup>1</sup> CARE-S: Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks. EU prosjekt 2003-2005 hvor SINTEF og NTNU var involvert

## 5.5. Tilstandsvurdering av kummer

### 5.5.1. Vannkummer

I vannledningsnett er problemstillingene som er knyttet til felleskummer for vann og avløp spesielt viktig å sette søkelyset på. I tillegg kommer utforming av kummene pga. helse, miljø og sikkerhet og riktig utstyr i kummene (f.eks. brannventiler).

Felleskummer for vann og avløp synliggjør eksempler på kritiske punkter hvor vannforsyningen kan bli forurenset av avløpsvann. I forhold til utstyr i kummen er det viktig at dette er lett tilgjengelig og ikke tilgriset av avløpsvann. Felleskummer for vann og avløp er vanlig i en del norske kommuner. Noen av felleskummene kan være mer utsatt enn andre. Spesielt i områder med dårlig ledningsfall på avløpsnett er sannsynligheten for avleiringer og kloakkstopper reell. I tillegg vil det til tider kunne oppstå oppstuvning i kummen på grunn av hydrauliske forhold. Med liten høydeforskjell mellom vann- og avløpsledningen, kan forurenset vann få en oppstuvning over nivået til vannledning, armatur og brannventil. For felleskummer for vann og avløp er det særlig utfordringer knyttet til mulig forurensing av drikkevannet i perioder med trykkløst nett.

I kummene har vannledningene flensekoplinger og ulike typer utstyr/ventiler, og avløpsledningene kan ha åpen renne. Alle vannkummer har behov for drenering av overvann fra kummen, som gjøres via avløpsledningene. På grunn av slike problemer med felleskummer er dette punkter som bør prioriteres for sanering. Etablering av en risikobasert plan for prioritering av kummer for rehabilitering/utskifting, og identifisering av kummer som har spesielt behov for periodisk vedlikehold, vil derfor være et nyttig sikringstiltak for drikkevannet.

Asplan Viak utførte i 2007 et større kartleggingsprosjekt av felleskummer for Drammen kommune. Målet med prosjektet var å kartlegge hvor felleskummene befant seg, klassifisere dem på bakgrunn av en risikovurdering, foreslå tiltak og sørge for at kummene utbedres slik at man oppnådde en bedret sikkerhet i vannforsyningen til en fornuftig kostnad. Kartdatabasen for ledningsnett, Gemini VA, ble benyttet for utvelgelse. Av kommunens ca. 3 000 vannkummer ble 600 klassifisert som "felleskummer", hvor vannarmatur befinner seg i samme kum som AF-ledning eller SP-ledning.

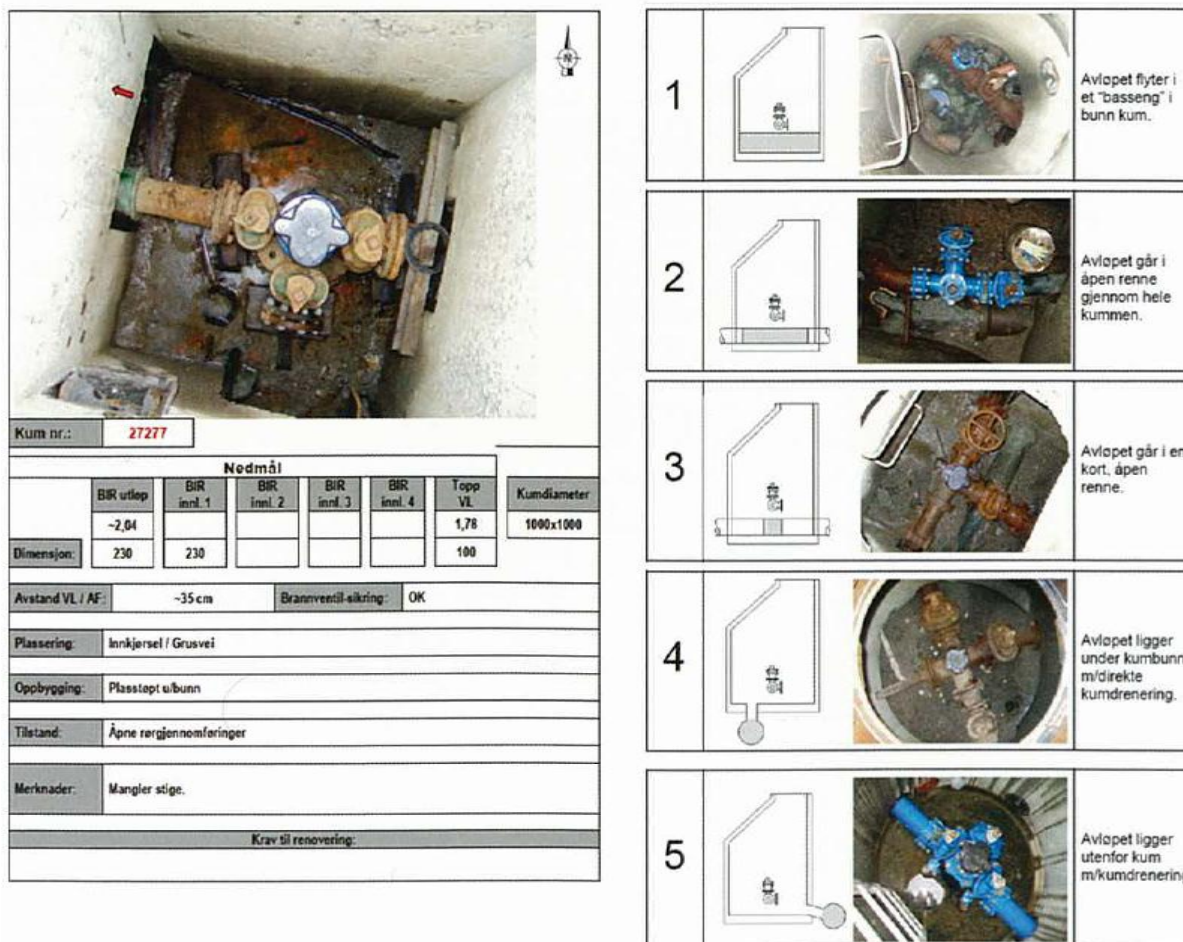
Figur 31 viser et eksempel på en felleskum (VL/AF) i en norsk kommune.



Figur 31. Eksempel på felleskum for vann og avløp. Gammel vannarmatur og dårlige hydrauliske forhold for avløp. Brannventilen er beskyttet med brannventilsikring og beskyttelseshette, for å redusere faren for innsug av forurenset vann. (Foto: Asplan Viak)

I perioder hvor man har trykkløst nett, og samtidig oppstuvning av spillvann/overvann i felleskummer, vil det være sannsynlig at forurenset vann vil kunne trenge inn gjennom kuleventilen og forurense drikkevannet. Effekten av å montere beskyttelseshette over kuleventilen er ikke tallfestet, men det er grunn til å tro at beskyttelseshetten har en positiv effekt i forhold til hygienisk sikkerhet, selv om hovedformålet med beskyttelseshetten er å sikre ren og enkel tilgang til brannventilen. Installasjon av andre typer brannventiler vil kunne være et effektivt tiltak.

For Drammen kommune ble det utarbeidet et klassifiseringssystem fra kategori 1 til 5, hvor vannledningens nærhet til avløpsvannet ble vektlagt. Ved kategori 1 flyter avløpsvann i et «basseng» i kumbunn, mens ved kategori 5 passerer avløpsledning utenfor kum, men med kumdrenering tilkopleet. Dette er vist i figur 32.



Figur 32. System for klassifisering av felleskummer (Drammen kommune)

Med bakgrunn i denne klassifiseringen ble kummer i kategori 1, 2 og 3 prioritert. Totalt ble det i Drammen kommune registrert 109 felleskummer med vannarmatur og AF-ledning, hvor kummene hadde tilstandsklasse 1, 2 eller 3. I tillegg var det 14 vann-/spillvannskummer (SP) i klasse 1, 2 eller 3. Til sammen ble det i Drammen kommune registrert 123 "kritiske" felleskummer. Kumtiltak ble samlet i et konkurransegrunnlag, og kumrehabilitering ble gjennomført. Alle rehabiliterte kummer ble dokumentert med foto og lagt inn i kommunens ledningskartdatabase.

Typiske tiltak som ble gjennomført var;

- montering av brannventilsikring og beskyttelseshette i alle kummer der dette manglet, for å hindre innsug av kloakk i situasjoner med trykkløst nett
- rehabilitering ved utstøping/slemming av kumbunn og avløpsrenne, og innstøping av deler av vannledningen

**Fullstendig separering av felleskummer med etablering av nye kummer er ønskelig, men slike tiltak er svært kostnadskrevenende. Man kan grovt anta at metoden som ble benyttet i Drammen kommune reduserte kostnadene fra 100 000 kr til 15 000 kr pr. kumpunkt.**



Figur 33. Eksempel på felleskum før rehabilitering (Foto: Asplan Viak as)



Figur 34. Eksempel på samme kum etter rehabilitering (Foto: NoDig NOR as)

### 5.5.2. Avløpskummer

Det har i de senere år vært en stigende interesse for rehabilitering av avløpskummer, men denne delen av avløpssystemet er på etterskudd når det gjelder tilstandsvurdering og fornyelse, sett i forhold til hovedledninger og stikkledninger.

Vanlige feiltyper i avløpskummer kan være innlekking, utlekking, forskjøvede skjøter, blottlagt armering/korrosjon, defekt/ingen kumbunn og dårlige strømningsforhold. Mange avløpskummer har en hydraulisk utforming som medfører store singularertap.

I situasjoner hvor avløpsnettets har dårlig kapasitet, kan singularertapene som oppstår i kummene pga. turbulens, gi et stort bidrag til avløpsnettets reduserte hydrauliske kapasitet. For å bedre utnytte avløpsnettets kapasitet bør derfor kummer med dårlig hydraulisk utforming utbedres.

Avløpskummene er også mulige steder for utlekking/innlekking av overvann/fremmedvann, spesielt i områder med høy grunnvannstand, mye oppstuvning eller at kummene er utsatt for høy sjøvannstand. Slike kummer kan være årsaken til store mengder fremmedvann i ledningsnettets, med påfølgende økning av tilrenning til pumpestasjoner og avløpsrensaneanlegg. I tillegg vil det kunne lede til økte utslipp. Det anbefales derfor å ta en gjennomgang av kummer der innlekking kan være et problem, og tette aktuelle kummer.

I tillegg er det i mange kommuner en stor andel felleskummer for spillvann og overvann. Hvis spillvannsledning nedstrøms kummen går tett, representerer denne type kummer en fare for direkteutslipp av spillvann, da dette vil gå over i overvannsledningen hvis ledningene går åpne gjennom kummen. I tilfeller med mye nedbørog mye overvann i ledningsnettets kan dessuten overvannet gå over i spillvannsnettets, og derved belaste dette og renseanlegget med unødvendig mye fremmedvann.

### Avløpskummer bør kartlegges og utbedres/saneres i tilfeller der:

- Kummen har dårlig hydraulisk utforming
- Kummen er utsatt for innlekking eller utlekking
- Det er felleskum for spillvann og overvann med åpne renner gjennom kummen.

Tilstandsundersøkelser av kummer gjøres bare i liten grad systematisk i Norge, på tross av at kummene utgjør en svært viktig del av VA-infrastrukturen. Dersom en har kartlagt tilstanden på avløpskummene etter tilsvarende system som gjøres for avløpsledninger, kan slik informasjon brukes for systematisk fornyelsesplanlegging også for kummer.

## 5.6. Sårbare ledninger og kummer

### 5.6.1. Vannledninger/vannkummer

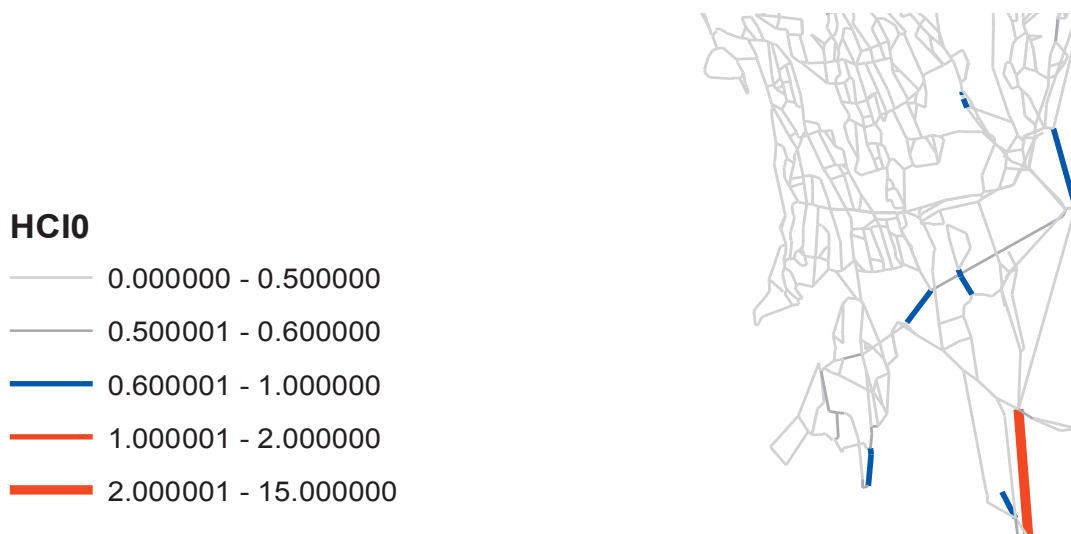
Tilstandsvurderingene som gjøres for henholdsvis vannledninger og vannkummer sier noe om sannsynligheten for svikt. Det er i tillegg viktig å vite noe om konsekvensene ved svikt på den enkelte ledning og kum, slik at en finner fram til de elementer der risikoen for hendelser er stor.

Figur 35 viser en enklere, men likevel effektiv måte, å sammenstille informasjon om ledningstilstand og konsekvenser ved brudd, for å identifisere vannledninger som skal prioriteres. Det er definert egne kategorier for henholdsvis liten, middels, stor og svært stor sannsynlighet. Tilsvarende er gjort for henholdsvis liten, middels, stor og svært stor konsekvens.

Sted	Sid fra	Sid til	Lengde	Dimensjon	Alder	Materiale	Bruddantall	Bruddfrekvens stk/km	Antall berørte PE	Risikovurdering								
										Konsekvens								Total risiko K1*S+K2*S +K3*S Summert
										Sansynlighet for brudd	Skade på bygningeretc		Antall PE trykløst nett		Antall PE uten vann			
tallverdi	tallverdi	S*K	tallverdi	S*K	tallverdi	S*K	Tallverdi											
Staver - Tanum	28248	21991	549	500	1984	SJK Stø	0	0,0	>20000	1	1	1	4	4	1	1	6	
Tanum - Øvre As	21991	24237	995	500	1973	SJK Stø	0	0,0	>20000	1	1	1	4	4	1	1	6	
Øvre As - Slependv eien	24237	24133	674	500	1973	SJ Støpe	0	0,0	>20001	1	1	1	4	4	1	1	6	
Slependv eien - Industriveien	24133	20111	912	500	1971	SJK Stø	2	2,2	>20000	4	1	4	4	16	1	4	24	
Industriveien - Sykehustunnel	20111	140771	320	500	1988	SJK Stø	0	0,0	>20000	1	1	1	4	4	1	1	6	
Sykehustunnel	140771	21990	411	500	1990	SJK Stø	0	0,0	1-20000	1	1	1	3	3	1	1	5	
Sykehusveien	21990	4436	448	500	1990	SJK Stø	0	0,0	1-20000	1	2	2	3	3	1	1	6	
Sykehusveien - Rudsveien	4436	9327	151	500	1977	SJK Stø	0	0,0	1-20000	1	2	2	3	3	1	1	6	
Rudsveien - Bærumsveien	9327	9522	582	500	1977	SJK Stø	0	0,0	1-20000	1	2	2	3	3	1	1	6	
Bærumsveien - Løkenpøst	9522	13521	1094	500	1976	SJK Stø	1	0,9	1-20000	3	2	6	3	9	1	3	18	

Figur 35. Eksempel fra Bærum kommune hvor en for ledninger større enn 300 mm har sammenstilt sannsynligheten for ledningsbrudd/lekkasjer med ulike typer konsekvenser.

Identifisering av hvilke ledninger som har størst risiko og/eller konsekvenser ved ledningsbrudd kan også gjøres mer avansert. For større vannledningsnett kan de ledninger hvor konsekvensene i form av ikke levert vann som en følge av ledningsbrudd, beregnes ved hjelp av REL-verktøy (REL: reliability) som vist i figuren under.



Figur 36. Resultater fra ledningsnett i norsk kommune hvor konsekvensene ved svikt (basert på ikke levert vann) i de enkelte ledninger er beregnet. Ledninger med høyest HCI-verdi (Hydraulic Criticality Index) er de ledningene som medfører størst konsekvenser ved svikt på de enkelte ledninger. (Figur fra en SINTEF-rapport)

Figur 36 viser et eksempel på REL-beregninger for et vannledningsnett i Norge. Det gjennomføres beregninger for hver enkelt ledning, og hver ledning får en beregnet HCI-verdi (Hydraulic criticality Index). Jo tykkere strek den enkelte ledning er tegnet med, jo større konsekvenser vil en svikt av denne ledningen ha for vannforsyningen til resten av kommunen. Konsekvensene er målt som ikke levert vannmengde, i forhold til samlet vannbehov. REL-beregninger er utført for en del vannverk i Norge, og det kreves en hydraulisk nettmodell for at en skal kunne gjennomføre beregningene. Modellen vist i Figur 36 inkluderer ikke bygningsteknisk tilstand, bare en systematisk gjennomgang av konsekvensene ved brudd. Ved ellers lik bygningsteknisk tilstand bør følgelig røde og blå ledninger prioriteres før de andre ledningene, siden konsekvensene ved svikt på disse ledningene vil være høyere. Andre tiltak kan også være aktuelle, slik som etablering av redundans (doble ledninger, høydebasseng mm.). En mer detaljert beskrivelse av denne systematiske analysen av vannledningsnett for å identifisere de viktigste ledningene er vist i Vedlegg B.

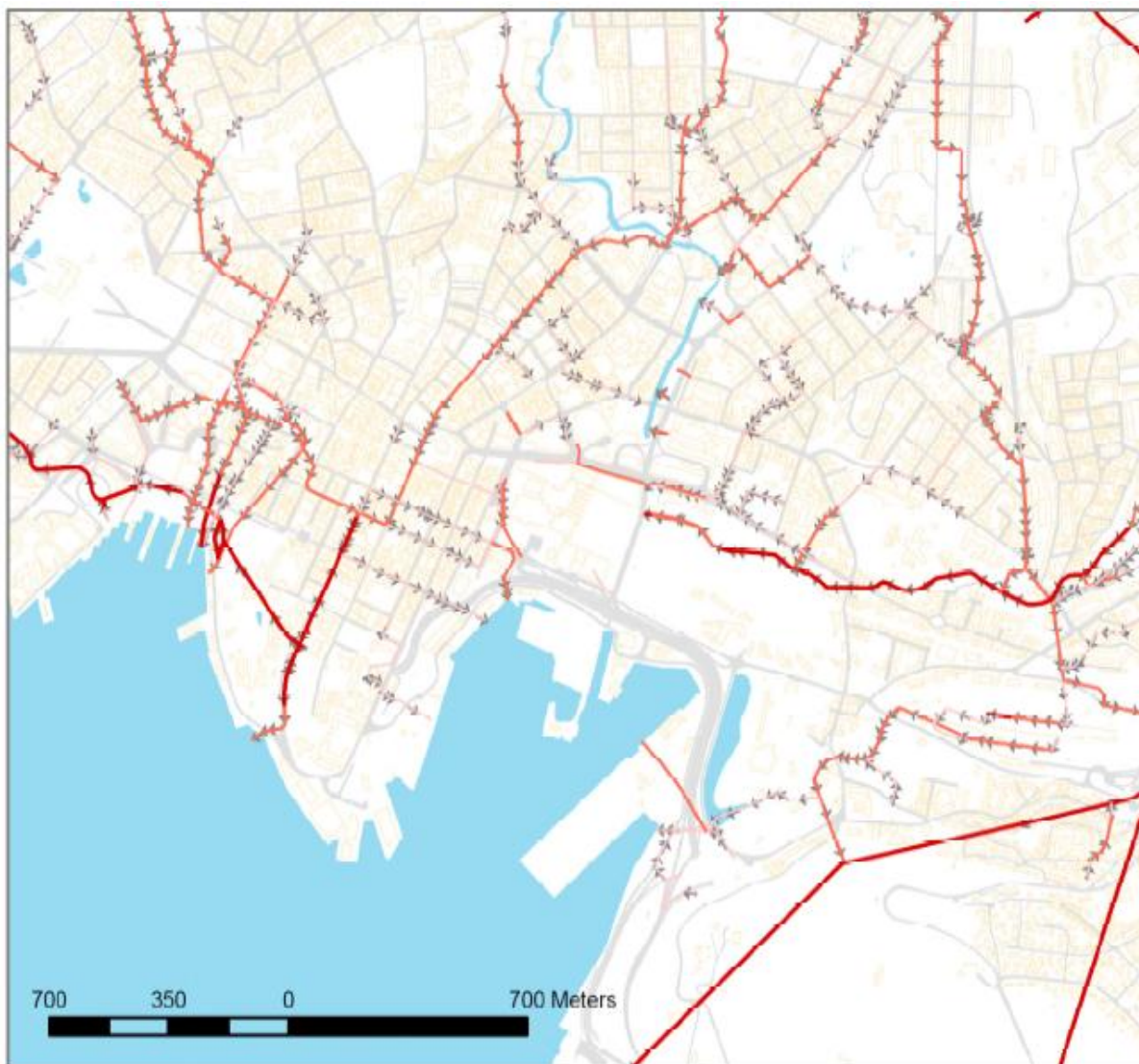
Sårbare kummer kan identifiseres på en tilsvarende måte som for ledninger. Noen vannkummer vil være viktigere enn andre. Det er følgelig viktig at vannkummer som har en sentral rolle i ledningsnett har en bedre strukturell tilstand enn andre. I vedlegg B er det vist hvordan REL-verktøy virker for henholdsvis vannledninger og vannkummer.

### 5.6.2. Avløpsledninger og avløpskummer

Noen avløpsledninger og noen avløpskummer er mer kritiske enn andre. Ved svikt i disse ledningene eller kummene, vil konsekvensene kunne være store. Dette gjelder for eksempel ved:

- Avløpsledninger/kummer under/ved annen infrastruktur (bygninger, veg, under togskinne etc.)
- Store avløpsledninger med tilhørende kummer
- Ledninger ved vassdrag
- Ledninger med fare for oversvømmelser og tilbakeslag

For disse ledningene er det viktig at tilstanden er god slik at sannsynligheten for svikt blir liten. For å identifisere slike kritiske ledninger/kummer er utarbeidelse av ulike temakart en enkel og effektiv metode. Figur 37 viser avløpsledninger for et område i Oslo med rørdimensjon større enn 600 mm. På kartet er også lokalisering av annen type infrastruktur slik som veg, jernbane, bygninger og vassdrag vist. Dette er nyttig informasjon for å kunne peke ut de ledningene hvor konsekvensene ved svikt er størst.



Figur 37. Temakart for avløpsledninger med rørdimensjon > 600 mm som ligger ved annen infrastruktur (Figur: Oslo VAV)

## 5.7. Prioritering av ledninger for fornyelse

Som tidligere nevnt er alder på ledning intet kriterium for fornyelse. Det er flere eksempler på gamle vannledninger av grått støpejern fra slutten av 1800-tallet, som enda er i like god tilstand som den gang de var lagt. Til gjengjeld finnes det eksempler på nyere anlegg, gjerne bare 20-30 år gamle, som allerede er fornyet eller bør fornyes. Dette gjaldt for eksempel ubeskyttede duktile støpejernsledninger som ble lagt i Trondheim fra 1964 - 1978. Ledninger som ble lagt i områder med marin leire inntil rørveggen, fikk sterk utvendig korrosjon (SRB- korrosjon), noe som gjorde at mange ledninger måtte skiftes ut/repareres allerede etter 15 - 20 år.

### Faktorer som kan vektlegges ved prioritering av vannledninger for rehabilitering:

- Forventet restlevetid
- Årlige reparasjonskostnader
- Drift- og vedlikeholdskostnader
- Brudd/lekkasjer (viktig å skille mellom ledninger som typisk får mindre korrosjonshull og ledninger som får alvorlige brudd med påfølgende fare for trykkløst nett)
- Avbrudd i vannforsyning både for planlagt og ikke planlagte avbrudd (måles som funksjon av varighet, antall personer og sårbare abonnenter)
- Følgeskader (trafikk, flom risiko, skade på annen infrastruktur, se figur 38)
- Dårlig vannkvalitet. Gjelder både farge, lukt og smak, men også forhold knyttet til mikrobiologi og hygienisk sikkerhet som ikke er så lett identifiserbart/kvantifiserbart. Hos mange VA-verk oppgis klager på vannkvalitet fra kunder som en viktig faktor for fornyelse.
- Leveringssikkerhet (Rel- beregninger) og mulighet for alternativ forsyning
- Hydraulisk kapasitet
- Ulemper knyttet til de ulike rehabiliterings teknikker
- Rehabiliteringskostnader
- Andre lokale kriterier (samordnet fornyelse med annen infrastruktur, styrking av brannvannsdekning, økning av kapasitet, styring i forbindelse med reservevannforsyning)

Basert på de ulike faktorer en legger vekt på, må de enkelte ledninger/ledningsprosjekter sammenstilles ved å vektlegge de ulike faktorer. Dette kan gjøres på ulike måter. F.eks. ved avanserte multikriterieanalyser (figur 42), eller enklere sammenstillinger i excel og GIS (se figur 40). I Vedlegg D er det vist et enkelt eksempel på hvordan prioritering av vannledninger for fornyelse er utført i en kommune.



Figur 38. Følgeskader for trafikk i etterkant av vannledningsbrudd

I Drammensregionen har en tatt i bruk et digitalt verktøy for prioritering av vannledninger som har behov for fornyelse. Systemet er integrert med GIS-system og benytter stort sett eksisterende informasjon fra ledningsregistre. Basert på en sammenstilling av ulike kriterier (figur 39) rangeres ledninger for fornyelses som siden brukes som kvalifisert innspill til utarbeidelse av endelig saneringsplan (figur40).

Figur 39. Skjermbilde av system for ledningsprioritering av vannledninger i Geonis VA. Brukt av Godt Vann Drammensregionen



I sammenheng med at en bestemmer hvilke avløpsledninger som skal fornyes, bør en også gjennomføre en systemanalyse av ledningsnett i hele området. En systemanalyse av avløpsnett kan inkludere en analyse av tiltak for å redusere utslipp fra overløp, reduserte driftskostnader til pumping av avløpsvann og til rensing av avløpsvann.

Analysen bør derfor ta for seg mulighetene for å redusere fremmed- /overvannsmengdene til ledningsnett ved at en ser på muligheter for videre separering der forholdene ligger til rette for det, i tillegg til at mulighetene for ulike metoder for lokal overvannsdiskonering også vurderes.

Analysen skal munne ut i en strategi for hvilke områder/soner som på sikt skal bestå av separatsystem, og hvilke soner som skal fortsette å bestå av fellessystem. Resultatene av en slik analyse vil kunne påvirke prioriteringen av hvilke ledninger som skal fornyes, f.eks. vil man ved sanering av en fellesledning som skal separeres, samtidig fornye og separere flere ledninger i samme område for å få en enhetlig systeminndeling.

Tilsvarende kan det være andre årsaker, praktiske eller økonomiske, som gjør at det er hensiktsmessig å fornye ledningsnett i et helt område når man først skal fornye en ledning.

Etter den taktiske planleggingen følger detaljprosjektering av hvert enkelt ledningsstrek. Her bør fornyelse av både vann- og avløpsledninger kobles opp mot hverandre, i tillegg til at også andre faggrupper i kommunen bør kobles inn, slik som strøm, tele og Statens Vegvesen. I arbeidet med utarbeidelse av årsplaner bør det opprettes en koordinering mellom disse faggruppene.



*Figur 41. Komplisert infrastruktur under byens gater hvor det er stort behov for koordinering av arbeidene (Foto: Asplan Viak)*

Figuren under viser slagplanen for fornyelse av **vannledninger** i en norsk mellomstor kommune. Basert på disse kriteriene identifiseres vannledninger i kommunen som skal fornyes.

**Eksempel på slagplan for fornyelse av vannledninger de neste 20 årene i en mellomstor kommune:**

1. Skifte ut ledninger av galvanisert stål hvor det er mye lekkasje og dårlig kapasitet
2. Skifte ut ledninger av dårlig asbestsement hvor det er fare for store ledningsbrudd som kan føre til undertrykk i større områder
3. Skifte ut dårlige ledninger av grått støpejern hvor det er fare for store ledningsbrudd som kan føre til undertrykk i større områder
4. Skifte ut ledninger av første generasjon PVC lagt på 1970-tallet hvor det er fare for store ledningsbrudd som kan føre til undertrykk i større områder
5. Skifte ut ledning av grått støpejern som ofte går til brudd, men hvor konsekvensene er små
6. Skifte ut ledninger av andre årsaker (utbygging, avløpsledning er dårlig, samordning med annen infrastruktur, økning av brannvannskapasitet)
7. For å redusere følgene av store vannledningsbrudd (blant annet trykkløst nett), bygges samtidig høydebasseng og nye ledninger som gir to-sidig forsvinn. På denne måten kan levetiden for noen ledninger forlenges.

Figuren under viser slagplanen for fornyelse av **avløpsledninger** i en norsk mellomstor kommune. Basert på disse kriteriene identifiseres avløpsledninger i kommunen som skal fornyes i årene fremover.

**Eksempel på slagplan for fornyelse av avløpsnett de neste 20 årene i en mellomstor kommune:**

I denne kommunen er nesten alle driftsforstyrrelser på det spillvannsførende avløpsnett **knyttet til avløpsledninger lagt etter fellessystemet**. Følgende årsaker/problemer er observert:

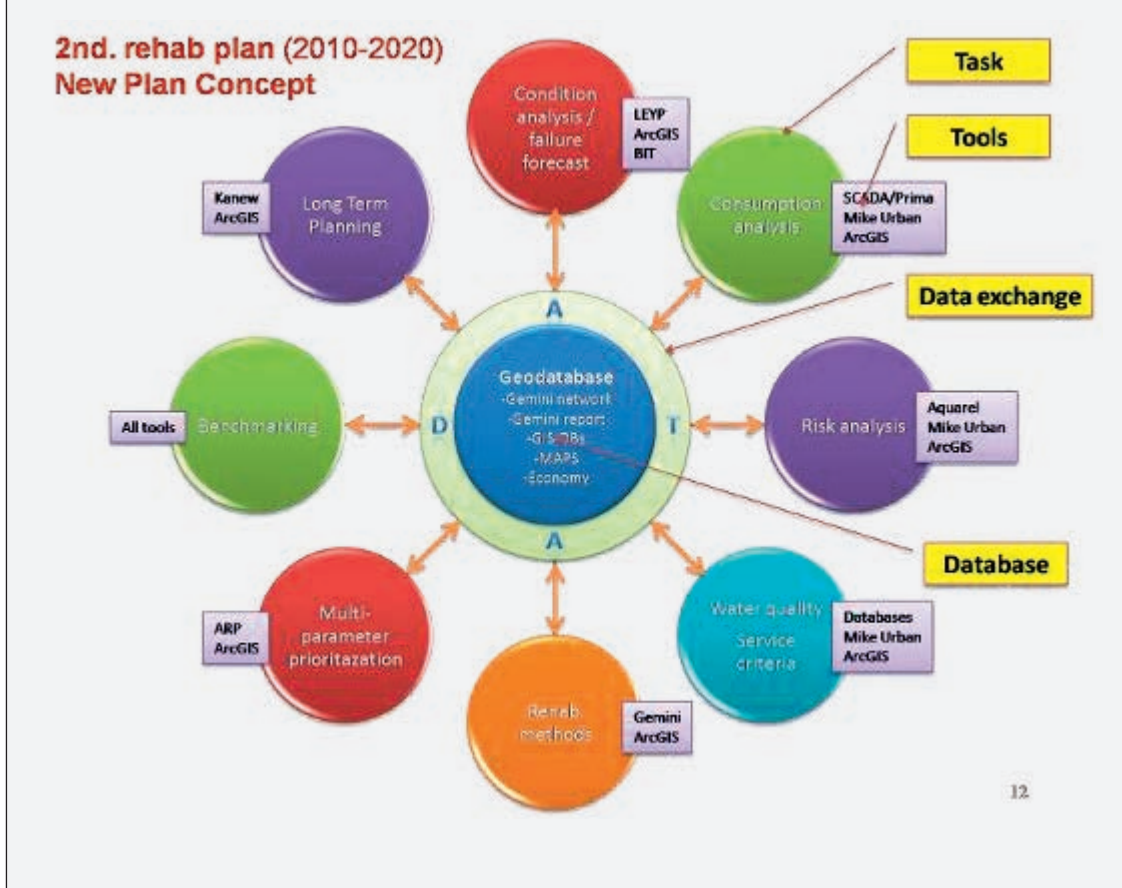
- for liten kapasitet på ledningsnett
- brudd / tilstopping på ledningsnett
- Avløpsnett lagt etter fellessystemet bidrar også med **store mengder uønsket overvann til avløpsrensaneanleggene**. Det medfører problemer med å tilfredsstille renskravene for organisk stoff.
- **Utslipp fra regnvannsoverløp** gir lokale forurensningsproblemer når det regner mye eller smelter mye snø

Kommunen har satt som mål at 80 % av avløpsnett lagt etter fellessystemet skal være bygget om til separatsystemet i løpet av 20 år. For raskere å redusere faren for kjelleroversvømmelser og raskere å redusere tilrenningen til avløpsrensaneanleggene, ønsker en å ha størst fornyelsestakt de første årene.

I andre kommuner kan situasjonen være annerledes. Eksempelvis er det i noen kommuner separatsystem lagt på 70-tallet som forårsaker mest utslipp.

## Oslo

I forhold til de fleste andre norske kommuner så anvender Oslo kommune (VAV) avanserte modeller, og de har rutiner for å vurdere behovet for fornyelse av ledningsnett og for å peke ut mulige kandidater for fornyelse. VAV har arbeidet systematisk med dette i flere år og har benyttet seg av de nyeste erfaringer fra EU- prosjekter og bruk av avanserte modeller. Avanserte analysemetoder slik som feilprediksjon, hydrauliske analyser, GIS analyser og utstyr for måling av godstykkelse, anvendes for å danne et best mulig beslutningsgrunnlag. VAV har implementert resultatene fra sine tilstands-analyser inn i saneringsplanarbeidet, og resultatene er også tilgjengelig via kommunens digitale informasjonssystemer. VAV har også kommet langt i arbeidet med å velge riktig fornyelsesmetode for rett type ledning. For eksempel velges ikke-strukturelle rehabiliteringsmetoder, slik som innvendig belegg, der hvor en bare har innvendig korrosjon og fortsatt tilstrekkelig styrke i røret. På denne måten oppnås forlenget levetid av eksisterende infrastruktur på en kostnadseffektiv måte. Hvilke aspekter Oslo tar hensyn til og hvilke modellverktøy som benyttes er vist i figuren.



Figur 42. Faktaboks for fornyelse av vannledninger i Oslo

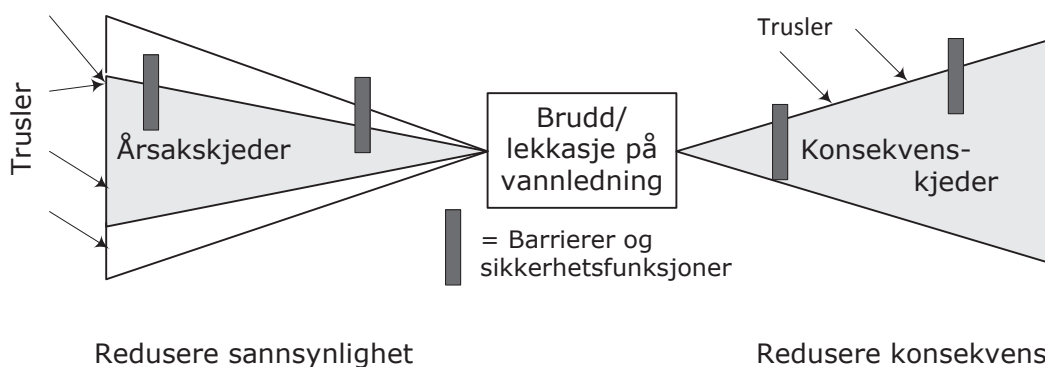
## 5.8. Alternative tiltak til fornyelse av ledning

I mange kommuner har man ikke kapasitet til å fornye alle ledninger som burde vært fornyet, innenfor det anbefalte tidsperspektiv. En god løsning kan da være å gjennomføre alternative tiltak i ledningsnettet for å redusere konsekvensene av hendelsene.

For å illustrere at det også finnes alternative tiltak til fornyelse av ledningsnettet, vil det kunne være nyttig å ta et steg tilbake og få et overblikk over situasjonen. Vi vil illustrere dette ved å se på et eksempel knyttet til brudd/lekkasjer på vannledninger. Dette er illustrert ved å ta utgangspunkt i "bow-tie" (norsk: tversoversløyfe). Figuren (figur 43) som er kjent fra risiko og sårbarhetsanalyser. I midten av figuren har en den uønskede hendelsen som er brudd/lekkasje på en vannledning. Man har ulike trusler som kan forårsake en uønsket hendelse (belastninger, trykkstøt, frostlast). En uønsket hendelse, som et ledningsbrudd/lekkasje, kan medføre ulike typer uønskede konsekvenser (trykkløst nett med fare for innsug, vannmangel). Ulike former for barrierer og sikkerhetsfunksjoner kan etableres enten for å redusere sannsynligheten for at uønskede hendelser oppstår, eller for å redusere konsekvensene av slike hendelser. Følgelig kan sikkerhetsbarrierene enten redusere sannsynligheten for den uønskede hendelsen (venstre siden av figuren) og/eller konsekvensene av hendelsen (høyre siden av figuren). Mulige tiltak må sees i sammenheng med denne figuren. Tiltakene kan settes inn på årsakene til at svikten oppstår, for eksempel ved at ledningen fornyes. Ledningen vil da få en bedre bygningsteknisk tilstand.

Alternativt kan en sette inn tiltak på høyre siden av figuren ved at konsekvensene av ledningsbrudd reduseres. Dette kan for eksempel være:

- Etablering av tosidig forsyning til et område med dårlige vannledninger, slik at ledningsnettet ikke lenger blir trykkløst ved små ledningsbrudd. Dette kan f.eks. utføres ved å etablere trykkreduksjonsventil på ny tilførselsledning, slik at ventilen bare åpner ved ledningsbrudd/lave trykk.
- Etablering av høydebasseng i et område, vil på tilsvarende måte virke stabiliserende på trykket ved vannledningsbrudd/lekkasjer. Konsekvensene av et ledningsbrudd blir dermed redusert.








Figur 43. Illustrasjon av en risiko- og sårbarhetsanalyse med trusler (farer), uønsket hendelse (ledningsbrudd), årsaks- og konsekvenskjeder, barrierer og sikkerhetsfunksjoner (Bow-tie figur)

Tilsvarende tankesett kan en også anvende for avløpsledninger. Fornyelse av ledningen er ikke det eneste tiltaket som bør vurderes. I eksemplene over er bare implementering av *fysiske tiltak* beskrevet. Tiltakene kan også være knyttet til etablering av nye driftsrutiner. For avløpsledninger kan det for eksempel være at en etablerer rutiner for periodisk spyling av en avløpsledning med svanker. Ledningen vil da kunne fungere tilfredsstillende i noen år til inntil andre forhold tilsier at ledningen må skiftes ut.

**Det er ikke alltid løsningen er å fornye ledningen. Man må løfte blikket, ta et skritt tilbake for å få oversikt og også vurdere alternative tiltak slik som:**

- **Bygging/utvidelse av høydebasseng for mer kapasitet (vann)**
- **Etablering av to-sidig forsyning inn i en sone (vann)**
- **Utarbeide spyleprogram for å redusere potensial for misfarget drikkevann (vann)**
- **La avløpsledningen bli et driftspunkt som f.eks. spyles ofte (avløp)**
- **Legge ned/bygge om overløp og rist for avløpssjøppel (avløp)**
- **Redusere tilrenningen til avskjærende avløpsledninger med for dårlig kapasitet (avløp)**
- **Sand/steinfang**

#### **Anbefalinger/sjekkliste taktisk planlegging**

<i>Det anbefales å utarbeide temakart som viser vannledninger hvor sannsynligheten (dvs. strukturell tilstand) og/eller konsekvensene ved svikt er høy. Disse temakartene kan også sammenstilles i form av risiko</i>	
<i>Det anbefales å utarbeide temakart som viser avløpsledninger hvor sannsynligheten (dvs. strukturell tilstand) og/eller konsekvensene ved svikt er høy. Disse temakartene kan også sammenstilles i form av risiko</i>	
<i>Viktig med systematisk registrering av tilstand for ledninger for både vann og avløpsledninger. Informasjonen bør være tilgjengelig via kart (ledningskart-system)</i>	
<i>Viktig med systematisk registrering av tilstand for kummer for både vann og avløp. Informasjonen bør være tilgjengelig via kart (ledningskartsystem)</i>	
<i>Har VA-verket vurdert alternative måter å styrke ledningsnett på som alternativ til fornyelse?</i>	

## 6. Operativt/teknisk fornyelsesarbeid

Som for strategisk og taktisk fornyelsesarbeid, følges en systematisk arbeidsflyt også på operativt/teknisk nivå (se **Feil! Fant ikke referanseilden.**).



Figur 44. Arbeidsflyt i operativ/teknisk fornyelsesarbeid

### 6.1. Mål og krav, funksjonsindikatorer

Også for operativt/teknisk fornyelsesarbeid defineres funksjonsindikatorer. Indikatorer settes da i forhold til de ulike metoder for ledningsfornyelse. Deretter kan man fastsette krav til funksjonsindikatorerne som kan brukes til å identifisere metode for sanering. Funksjonsindikatorer kan også benyttes som et verktøy, for å vurdere effekten av de ulike fornyelsesmetoder.

Indikatorerne bør være på et slikt format at en kan dra lærdom av hvilke metoder som bør anbefales under hvilke betingelser.

### 6.2. Riktig valg av fornyelsesmetode

Når man har definert hvilke prosjekter som skal gjennomføres i den taktiske planleggingen, må man bestemme hvilket prinsipp for ledningsfornyelse man skal velge. Dette er avhengig av hva som er problemet:

- Om det er nødvendig å øke vannføringskapasiteten
- Om det er nødvendig å tilføre styrke til ledningen
- Om det er nødvendig å fornye hele, eller bare deler av ledningen
- Om det er riktig å opprettholde dagens trasè, eller velge helt ny trasè

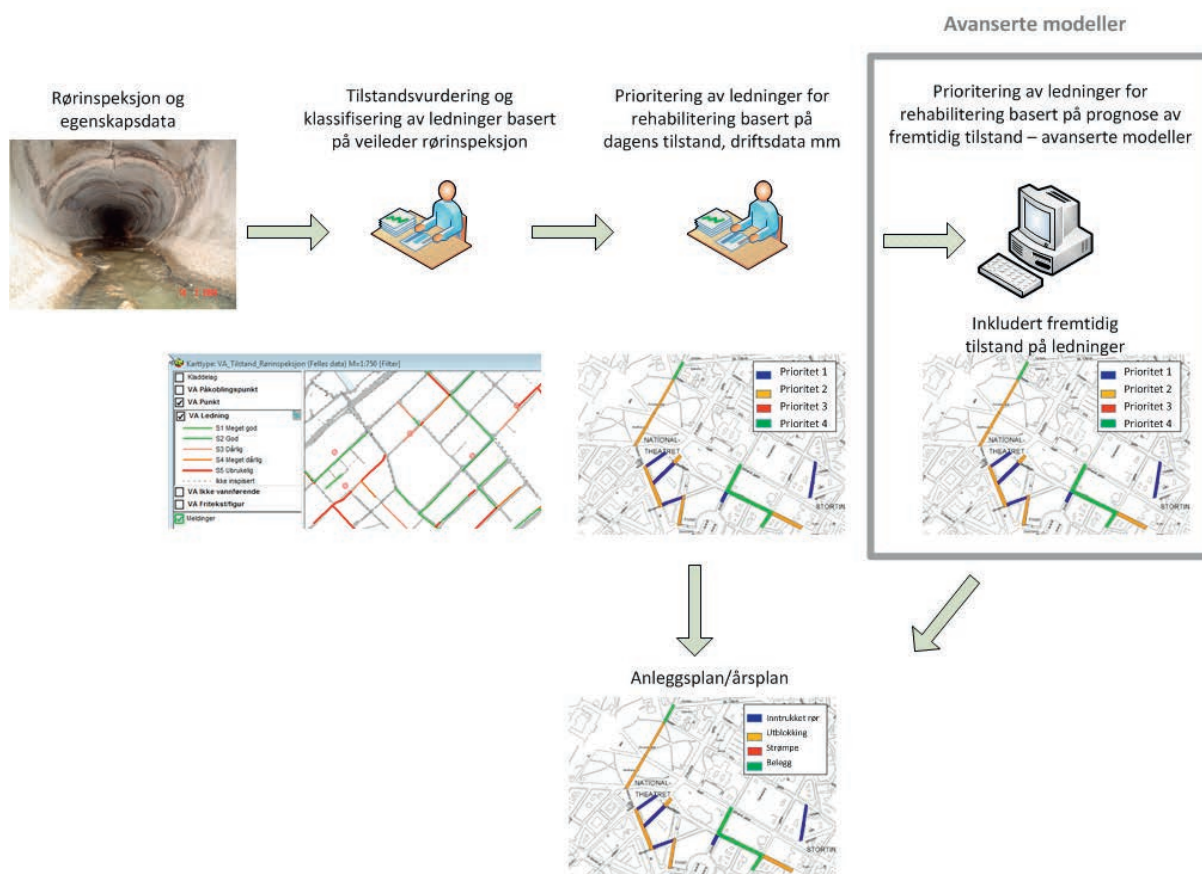
Det er tre prinsipper for ledningsfornyelse:

- Konvensjonell graving (utskifting i dagens trasè, eller graving i ny trasè)
- Tiltak i eksisterende ledning (det gamle røret er utgangspunkt for fornyelsen)
- Boring i ny trasè (boring i fjell, løsmasser, eller kombinasjonsmasser)

Konvensjonell graving og legging av nytt ledningsanlegg beskrives ikke nærmere, siden denne metoden ansees som relativt godt kjent fra før.

Det kan imidlertid være mange grunner til at konvensjonell graveutførelse velges, eksempelvis:

- Samordning med andre etater for vei, kabler, fjernvarme etc.
- Separering av fellesavløp, eller behov for flere rør
- Ved behov for dimensjonsøkning, ut over det No-Dig teknikk muliggjør
- Ved behov for dypere avløpssystem av hensyn til bedre ledningsfall, eller for å sikre riktig ledningsnivå i forhold til tilknyttede abonnenter (kjellerhøyde)



Figur 45. Illustrasjon av kobling mellom saneringsplan og detaljert fornyelsesplan/ årsplan, hvor teknisk løsning er valgt for hvert enkelt prosjekt/ledningsstrek. Se også Figurfigur 16.

**Det er svært viktig at det ved fornyelsesprosjekter gjennomføres gode forundersøkelser. Dette er avgjørende for å kunne velge riktig metode. Viktige forundersøkelser vil kunne være:**

- Feltarbeid
- Kumregistreringer
- Lekkasjesøking
- Rørinspeksjon

**Hvis forundersøkelsene i tillegg gjennomføres av eget personell, vil man gradvis tilføre organisasjonen nyttig kunnskap.**

NoDig-metoder er en fellesbetegnelse på teknikker for ledningsfornyelse av gamle vann- og avløpsledninger eller etablering av nye VA-ledninger med ingen, eller minimal, graving. Metodene benyttes både som et alternativ til graving, og er særlig gunstig der hvor graving er samfunnsmessig uakseptabelt, eller der graving er umulig som følge av f.eks. eksisterende bygningssmasse, infrastruktur, dybde, grunnforhold etc.

I nærmere 40 år har det vært jobbet med utvikling av NoDig-metoder i det norske VA-miljøet. Flere kommuner har vært sterkt engasjert i denne utviklingen, og stilt ledningsanlegg til disposisjon for entreprenørers metodeutvikling og bidratt med tekniske krav til produkter og utførelse. Status per 2013 kan kort oppsummeres:

- Helsveiset PE-rør står sentralt som rørvalg når det utføres utblokking av VA-ledninger, eller når det utføres boring i løsmasser, fjell og kombinerte masser
- Strømperenovering av avløpsledninger er sterkt økende
- Kumrehabilitering utføres i større grad, samordnet med selve ledningsfornyelsen.
- NoDig-utførelse på private VA-ledninger utføres i større grad, og omsetningen på det private markedet har passert aktivitetene på det offentlige ledningsnettet
- Nye NoDig-metoder utvikles og tas i bruk. Det nevnes duktile støpejernsrør (strekkefaste skjøter), i kombinasjon med utblokking, og retningstyrt boring i løsmasser, strømpeløsninger for vannledninger og flere andre metoder

**«Ved ledningsfornyelse søkes primært NoDig. Hvis det ikke er mulig, velges konvensjonelle løsninger»**

*Magnar Sekse, fagdirektør Bergen kommune*

**Ålesund kommune skal inngå rammeavtaler for NoDig metoder. I løpet av en 4-års periode forventer kommunen at NoDig-utførelse kan benyttes ved minimum 50 % av ledningsfornyelsen. Dette vil gi mer for pengene, raskere anleggsutførelse og mindre ulemper for publikum.**

Den nordiske NoDig-foreningen SSTT, «Scandinavian Society for Trenchless Technology», har mye interessant stoff på sin hjemmeside: <http://www.sstt.no/>. NoDig-håndboken finnes fritt tilgjengelig på SSTTs hjemmeside.

Det er også utgitt en rekke VA-/Miljøblader om NoDig, se bl.a. VA-/Miljøblad nr. 90, «NoDig-metoder for hovedledninger – Metodeoversikt». Videre har NS3420 noe beskrivelseskoder- og tekster som er relevant for NoDig.

**Skedsmo kommune har fått utarbeidet en fornyelsesplan for sine 94 km vannledninger av grått støpejernsrør (SJG-rør), lagt i perioden 1945 – 1970. Kommunens lekkasjeandel er 30-40 %, hvor hovedmengden skyldes ledninger av grått støpejern og private stikkledninger. En streng vinter kan gi 50-60 ledningsbrudd på årsbasis, noe som skaper stressituasjoner i driftsorganisasjonen og påfører innbyggerne unødvendige bekymringer og kostnader. Målsettingen er utskifting av SJG-rørene i løpet av 15 år. Dagens fornyelsestakt på 3 km pr. år må dobles. For å sikre denne fremdriften, skal kommunen bl.a. inngå rammeavtaler for utblokking og PE-innføring fra og med 2013.**

### 6.2.1. Klassifisering av NoDig-metodene

Metodene klassifiseres etter hvilken rørstyrke som oppnås, henholdsvis som strukturelle, semi-strukturelle eller ikke-strukturelle løsninger. En strukturell metode har full ny styrke selv, mens en semi-strukturell metode har noe styrke som den kombinerer med styrken i den eksisterende ledningen for å oppnå full strukturell tilstand. Noen metoder kan oppklassifiseres, dersom man øker veggtykkelsen. F.eks. kan noen strømpetyper oppdimensjoneres til «stand-alone»-strømper, og dermed kunne betraktes som en strukturell metode, og polyuretanbelegg kan oppdimensjoneres fra å være et belegg og ikke-strukturell, til å bli semi-strukturell.

Anleggsutførelsen med NoDig-metoder tar enten utgangspunkt i det gamle røret eller at nytt rør installeres i jomfruelig masser. Noen metoder benyttes for både vann- og avløpsledninger, mens andre metoder benyttes kun for vannledninger, eller kun for avløpsledninger.

Tabell 6. Oversikt over NoDig-metoder, klassifisering og tilhørende bruksområder

Metoder:	Strukturell:	Semi-strukturell:	Ikke-strukturell:	Utnytter det gamle røret:	For vannledninger:	For avløpsledninger:
Rørtrykking/nytt rør	X			Nei	X	X
Boring i løsmasser/nytt rør	X			Nei	X	X
Boring i fjell eller kombinasjonsmasser/nytt rør	X			Nei	X	X
Rørinnføring («Relining») /nytt rør	X			Ja	X	X
Utblokking/nytt rør	X			Ja	X	X
Strømperenovering	(X)	X		Ja	(X)	X
Tetttilsluttet rør		X		Ja	X	
Belegg		(X)	X	Ja	X	

### 6.2.2. Nytt rør i jomfruelige masser

De tre første metodene i ovennevnte tabell kan benyttes i jomfruelige masser som rent fjell, rene løsmasser eller i kombinasjonsmasser.

Ved kryssing av veier og jernbane med rør og kabler, stiller normalt respektive myndigheter krav om gravefri kryssing. Da oppnås anleggsutførelse uten å forstyrre trafikken, og setningsutfordringer etter grøftegraving ved veikryssinger er en kjent problemstilling. Slike kryssinger ligger normalt innenfor en lengde av 60 meter, og samtlige av de tre første metodene kan benyttes.

Mer avanserte rørtrykkemetoder benyttes for etablering av rør i løsmasser på store dyp. Det kan rørtrykkes både over og under grunnvannsstanden. Norden er representert med entreprenører som kan utføre rørpressing i dimensjoner DN 1200 – 3000 mm i lengder opp til 1000 meter. Det kan oppnås nøyaktighet horisontalt / vertikalt på  $\pm 20$  mm, og det kan rørtrykkes i kurvatur.

I de siste år har det vært en betydelig utvikling av horisontalboring i rene løsmasser og i fjell (berg). Fjellboring utføres ved en borestreng påmontert en fjellborekrone, for boring av pilothull med diameter DN 150-280 mm. Deretter kan borehullet rømmes opp til ønsket diameter; største kjente rømmekrone i Norge har DN 3100 mm. Lengste fjellboring i Norge er 600 meter. Normalt horisontalavvik er ca. 1 % pr. 100. meter. For etablering av vann- eller avløpsledninger i borehull, installeres rør med strekkfaste skjøter, eksempelvis helsveiset PE-rør eller duktile støpejernsrør.

Retningsstyrt boring i løsmasser utføres ved fremføring av en pilotstreng, under fortløpende kontroll av pilothodets posisjon. Etter at pilotstreng er ført frem i ønsket trasé, påmonteres en rømmekrone og strekkfaste rør, og under opprømming kan hele rørstrengen trekkes tilbake. Noe av suksessen for denne metoden er grunnforholdene, og gode grunnundersøkelser gir forutsigbare forhold for entreprenøren. Metoden benyttes i bymiljø og boligområder, under elver, veier og jernbaner, på store dyp og i myrlendt terreng og vernede områder.



Figur 46. Prinsipp for boring og innføring av nytt rør i løsmasser [Sandum AS]

Krav til nøyaktighet avhenger av type ledning som skal etableres. Som hovedregel er det ønskelig med minimum 10-15 ‰ fall ved installasjon av selvfallsledninger, for å unngå svanker. I Norge er det utført boringer og rørinstallasjoner i lengder opp til 600 meter. Graving er kun nødvendig ved innførings- og mottakspunkt.



Figur 47. Borerigg under fremføring av pilotstreng. (Foto: Asplan Viak as)



Figur 48. Inntrekking av duktile støpejernsrør med strekkfaste skjøter (Foto: Asplan Viak as)

### 6.2.3. Rørinnføring ("Relining")/nytt rør

I gamle vann- eller avløpsledninger kan det foretas direkte innføring av nytt rør. Metoden forutsetter at eksisterende rørtverrsnitt kan reduseres relativt mye. Nytt vannførende rørtverrsnitt må beregnes ut fra det nye rørets veggtykkelse, eventuelle muffe, og den nødvendige spalten mellom nytt og gammelt rør.

Aktuelle rørtyper:

- PE-rør i rette lengder, som sveises sammen til en kontinuerlig lengde før innføring
- PE-rør levert på kveil, for å unngå sveising og begrense innføringsgropens lengde
- Kortrør i PE eller PP (kun avløp), som sammenkoples fortløpende under innføring
- Duktile støpejernsrør med strekkfaste skjøter, som føres inn på et stabilt underlag



Figur 49. Innføring av PE-rør på kveil. (Foto: Asplan Viak as)

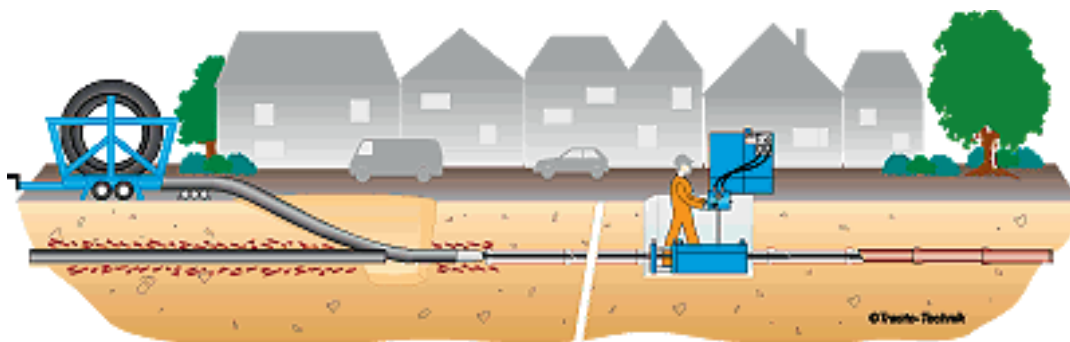


Figur 50. Innføring av helsveiset PE-rør, lengde 1000 meter (Foto: Asplan Viak as)

Gravebehovet begrenses til innføringsgrop, mottaksgrop og ved rétilknytning av stikkledninger.

#### 6.2.4. Utblokking/nytt rør

Det gamle røret blokkes ut med et konisk utblokkerhode av stål, påmontert nytt rør for fortløpende innføring. Normalt benyttes hydraulisk utblokking, hvor trekkstenger mellom utblokkerhodet og trekkeaggregat gir fremdriften, med trekraft opp til 250 tonn. Ved spesielle rørtyper kan utblokkerhodet være utstyrt med skjærekniver.



Figur 51. Prinsipp for utblokking av eksisterende rør med innføring av nytt rør. (Tracto-Technik)

Utblokking er den eneste metoden hvor eksisterende rør kan oppdimensjoneres.

Eksempler på utførte prosjekt:

- DN 225 mm betongrør til DN 355 mm PE-rør
- DN 300 mm betongrør til DN 560 mm PE-rør
- DN 175 mm støpejernsrør til DN 355 mm PE-rør

Dette forutsetter at omfyllingsmassene kan "ta imot" oppdimensjoneringen. Nærhet til fjell i grøft, naboledninger og ledningsdybde er forhold som må vurderes. Den største utblokking av vannledning i Norge ble gjennomført i Trondheim i 2011. En DN600 vannledning ble utblokket og erstattet av ny DN710 PE-rør i installasjonslengder på ca. 120 meter.

Aktuelle rørtyper er som beskrevet i kap. 6.2.3. Gravebehovet begrenses til innføringsgrop, mottaksgrop og ved rétilknytning av stikkledninger.



Figur 52. Innmating av trekkstenger i den gamle vannledningen. (Begge foto: Asplan Viak as)



Figur 53. Utblokkerhodet er påmontert PE-røret og inntrekking starter

### 6.2.5. Strømper for avløp

Etter at det gamle røret er godt rengjort, føres det inn en fleksibel fôring ved inntrekking eller innvringning. Produktet kan være en filtstrømpe eller en glassfiberarmert strømpe mettet med en harpiks av polyester eller epoksy. Strømpen trykkesett og legger seg helt ut mot rørveggen. Deretter foretas utharding med varmt vann, damp, UV-lys eller LED-lys.

Normalt gjennomføres strømpinstallasjon fra kum til kum, og er dermed en 100 % NoDig-løsning. Med de strenge krav til strømper som er i Norge, er det praktisk talt ikke registrert feil på strømpinstallasjoner. De få ganger man får feil ved installasjonen, blir det umiddelbart gjort utbedringstiltak, slik at nyrenovert avløpsrør alltid får en god start for sine neste 100 år. Samtlige avgreninger er på forhånd registrert nøye. Etter at strømpen er herdet blir alle tilkoplinger som skal opprettholdes frest opp med fjernstyrt robotfres, og hele avløpssystemet settes tilbake i normal drift. Dersom det er feil og skader i tilkoplingspunktene, kan det installeres en såkalt «hattløsning» av samme strømpemateriale. Slike «hatter» forsterker tilkoplingspunktet, og har normalt en lengde på 0,25 – 0,5 meter. Men det er også utviklet «hattløsninger», som er inntil 18 meter lange. Dermed kan stikkledninger utbedres fra hovedledning og ut av gategrunn uten graveinngrep. Alle forberedelser med rengjøring, oppmåling og ivaretagelse av overpumping av avløpsvann, utføres av entreprenøren som en del av hele installasjonen.

Internasjonalt er det normalt at ledningseier angir spesifikke data om eksisterende avløpsledning, som rørkvalitet, dybde, grunnvannstrykk og trafikklast, som grunnlag for installatørens dimensjonering. I Norge er det utviklet en velfungerende praksis, hvor ledningseier i utgangspunktet stiller krav til en selvbærende strømpe, med ringstivhet tilnærmet lik et nytt plastrør SN 8. Normalt anbefales strømper bestilt med:

- $SN_{\text{langtid}} = \text{Min. } 2000 \text{ N/m}^2$ .

SN-verdier (Ringstivhet) beregnes etter følgende formel:

$$SN = \frac{E}{12} \cdot \left( \frac{t}{d_m} \right)^3$$

hvor:

E = Elastitetsmodul ( $\text{N/mm}^2 \cdot 10^6$ ) oppgis av installatøren.

t = strømpetykkelse (mm).

$d_m$  = strømpens midlere diameter

Eksempel:

$E_{\text{Langtid}} = 1000 \text{ N/mm}^2$	Langtids E-modul
$t = 5,9 \text{ mm}$	Veggtykkelse
$D = 200 \text{ mm}$	Ytre diameter
$D_m = 194,1 \text{ mm}$	$D - t$

$SN_{\text{Langtid}} = (1000 \text{ N/mm}^2 \cdot 5,9^3 \text{ mm}^3) / (12 \cdot 194,1^3 \text{ mm}^3) = 0,002340 \text{ N/mm}^2$
$SN_{\text{Langtid}} = 0,002340 \text{ N/mm}^2 \cdot 1\,000\,000 \text{ mm}^2/\text{m}^2 = 2340 \text{ N/m}^2$

Bakgrunnen for denne dimensjoneringspraksis begrunnes med at renoveringsmodne avløpsledninger normalt har behov for en rørstyrke som et nytt rør. Den «sandwich»-effekt man får av strømpe installert i gammelt rør, anbefales tatt ut som ekstra sikkerhet. I Norge er det lange transportavstander, og maskinelt utstyr/mannskap dominerer totalprisen på renoveringen, sett i forhold til marginer i strømpetykkelser. Med en «nasjonal standard» for ringstivhet, konkurrerer installatører på et teknisk likeverdig nivå. I spesielle situasjoner kan man avvike fra ovennevnte prinsipp, eksempelvis ved behov for mindre eller større ringstivhet, som da må dimensjoneres i den enkelte situasjon.



Figur 54. Strømpe installeres ved innvregning med trykkluft. (Foto: Olimb as)



Figur 55. Strømpe installeres ved innvregning med vanntrykk. (Foto: Olimb as)

#### 6.2.6. Tetttilsluttet rør

Denne metoden benyttes kun til vannledninger. Metoden baseres på et fabrikkfremstilt rør, som foldes sammen og kveiles opp. Rørkveil transporteres til anleggsplass, og sammenfoldet rør føres inn i den gamle vannledningen. Det påføres trykk og røret folder seg ut mot rørveggen. Slike rør har maksimalt SDR17-kvalitet, og defineres derfor kun som en semi-strukturell metode. Det er eksempler på at den gamle vannledningen har innsnevring underveis, kanskje etter reparasjon med mindre rør, og nytt rør oppnår dermed ikke full utfolding mot rørveggen. Da får nytt rør en innvendig utbuling, som i løpet av få år kan gå til brudd. Dette er et godt bevis på viktigheten av detaljerte forundersøkelser i gammelt rørsystem før installasjonen. Normalt utføres metoden fra kum til kum, ved at kumarmatur er fjernet og ny armatur installeres. Ved hvert anboringspunkt foretas oppgraving, og ny anboring etableres ved påsveising av anboringssadel.



Figur 56. Tetttilsluttet rør (CompactPipe) er ført inn i gammel vannledning, og blir utvidet med varmluft og trykk (Foto: Asplan Viak as).

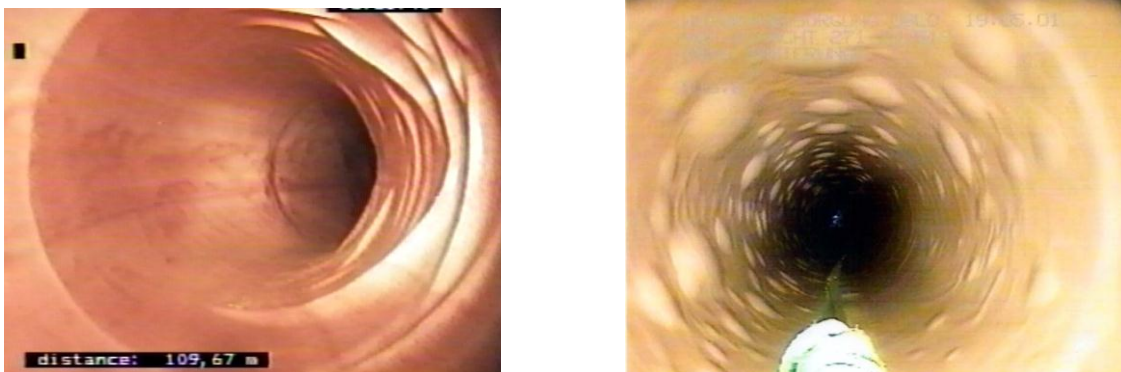
### 6.2.7. Strømper for vannledninger

Det har vært forsøkt med mange varianter av strømper i vannledninger i Norge. En fabrikkfremstilt, armert strømppe blir trukket inn i det gamle røret og påført trykk, slik at den legger seg ut mot rørvæggen. Det kan leveres strømper uten heft mot eksisterende rørvegg, eller strømppen kan være mettet med bindemiddel for klebing mot rørvæggen. Selve strømppeproduktet er testet og godkjent for trykk langt utover det som er normalt driftstrykk i norske vannledninger. Strømper i vannledninger må sikres i endepunkt med spesialdeler, slik at det ikke oppstår vannstrøm mellom strømppe og rørvæggen. Den samme utfordringen har man ved anboringspunkt, hvor det normalt benyttes spesialkoplinger. Det arbeides med utvikling av strømppeløsninger, hvor heft mellom strømppe og gammelt rør er så vidt god, at det kan utføres fjernstyrt oppfresing av anboringspunktet.

De utfordringer man ser for denne metoden er:

- Utposinger på strømppe under utharding
- Ved rørbend kan det oppstå folder i innersving og strekk i yttersving
- Strømppens heftegenskaper ved endepunkt og ved anboringer
- Usikkerhet ved fremtidige tilknytninger og reparasjoner

Strømppeløsninger for vannledninger er en fersk og lite utprøvet NoDig-metode i Norge. Den benyttes kun i spesielle situasjoner, og krever betydelig mer driftserfaringer før den kan defineres som en strukturell metode. Samvirket mellom strømppe og gammelt rør, vil være avgjørende i disse vurderinger.



Figur 57. Installerte strømper i vannledninger, som viser folder i innersving og utposinger under utharding (Foto: Oslo kommune, VAV).

### 6.2.8. Belegg

Dette er også en metode kun for vannledninger. I det gamle røret foretas sprøyting direkte på eksisterende rørvegg, med et to-komponent stoff som herder på stedet. Etter ca. 1 time er stoffet utherdet, det foretas rørinnspeksjonskontroll og desinfeksjon, og vannledningen kan settes i drift igjen etter få timer.

Dette åpner for rask gjennomføring uten etablering av provisorisk vann til abonnentene.

Metoden representeres i Norge av PU-Liner, hvor påsprøyting av polyuretan med en tykkelse på inntil 8 mm danner en forsegling av vannet mot rørets overflate. Metoden har vist seg svært godt egnet i duktile støpejernsrør uten innvendig sementmørtelføring, som det ble lagt mye av i Norge fra starten av 1960-tallet til starten på 1970-tallet. Dagens problemer med slike rør er innvendig korrosjon og dannelse av rustknoller, som reduserer vannkvalitet og kapasitet. Metoden krever dermed svært god rengjøring, og tørking av det gamle røret før påsprøyting, og dette er innarbeidet i firmaets installasjonsprosedyre. Med installasjonslengde på ca. 150 meter, kan metoden utføres fra kum til kum. Det kreves heller ikke spesielle tiltak ved anboringspunkt, når disse er godt rengjort før påsprøyting. Dermed kan metoden gjennomføres som en 100 % NoDig-løsning.

Innenfor denne kategori er det i Norge tidligere benyttet metoder som sementmørtelbelegg, icementbelegg og epoksybelegg. Disse metodene er etter hvert erstattet av belegging med polyuretan (metoden PU-Liner). Den samme utvikling har skjedd på verdensbasis, og i England har belegging av vannledninger blitt utført på ca. 100.000 km. I perioden 1987 – 2005 ble det i Norge utført ca. 60 km med epoksybelegging, mens det i perioden frem til 2013 er utført ca. 45 km polyuretanbelegging.



Figur 58. Demo av PU-Liner, og ferdig belagt vannledning (Foto: Asplan Viak as/ NCC as).

**Oslo kommune har ca. 150 km med duktile støpejernsledninger lagt i perioden 1962-1972, uten innvendig sementmørtelbelegg. Disse rørene utgjør ca. 10 % av det totale vannledningsnettet på 1550 km. For å forlenge disse rørenes levetid, benyttes innvendig belegging.**

### 6.2.9. PE-rør

Helsveiset polyetylenrør (PE-rør) benyttes for flere metoder, og egner seg godt ved fornyelse av både vann- og avløpsledninger. PE-materialet kjennetegnes av stor fleksibilitet, strekkfasthet og korrosjonsbestandighet.



Figur 59. Innføring av PE-rør. I trange byområder kan det være smart å kveile PE-røret på kveilvogn, for å unngå beslagleggelse av verdifullt areal.

I VA-/Miljø-blad nr. 97 kan man fordype seg i krav til PE-rør ved NoDig-utførelse, og vi oppsummerer her de viktigste forholdene:

- **Rørets sikkerhetsfaktor:** PE-rør skal være produsert etter NS-EN 12201. Det er angitt en sikkerhetsfaktor på 1,25. Denne faktor tar kun hensyn til variasjoner i materialet og produksjonsprosessen. I standardens norske tillegg er det anbefalt bruk av *sikkerhetsfaktor 1,6* for å inkludere en sikkerhet ved transport, håndtering og installasjon. For vannledninger anbefales PE-rør i SDR11-kvalitet og avløpsrør i SDR17-kvalitet.
- **Sveising og koplinger:** Normalt benyttes speilsveising av PE-rør i lange lengder, tilpasset aktuell installasjonslengde. Det er eksempler på installasjonslengder på opptil 600 meter under gunstige forhold, ved både boring i fjell og boring i løsmasser. For tilkoplinger benyttes elektrosveisedeler. Sveisingen skal foregå i beskyttet miljø, og utføres iht. NS 416 av sertifisert sveiseoperatør med kalibrert sveiseutstyr. Mekaniske koplinger skal kun benyttes i kummer, der selve PE-røret er tilstrekkelig forankret mot termisk lengdeutvidelse.
- **Utvendig beskyttelseskappe:** PE-røret er industrielt produsert og transporteres ut på anleggsplass. Det er svært viktig at man ikke «spiser» av sikkerhetsfaktoren, før røret er satt i drift. Her må man vurdere sannsynlighet for skade på medierøret, og konsekvensen av skade på installert rør. I Norge har det utviklet seg en praksis med tykk PP-kappe (polypropylene) på minimum 3 mm for vannledninger, som installeres ved utblokking eller styrt boring. I områder hvor det er fare for innlekking av hydrokarboner gjennom rørveggen, bør man vurdere behovet for diffusjonssperre. Enkelte kommuner har valgt å benytte diffusjonssperre som en generell regel på alle rør, og heller unntaksvis utelater dette kravet.
- **Lengdeutvidelse og forankring:** PE-materialet har en lengdeutvidelseskoeffisient på 0,16 mm/meter og °C. Et 100 meter langt PE-rør får en lengdeutvidelse på 16 cm ved en temperaturøkning på +10 °C. Derfor anbefales en stabiliseringsperiode på 1 døgn for installert rør, før det foretas forankring, sammenkopling og tilkopling. Dette bidrar til å utligne temperaturer og bevegelser i materialet.

### 6.3. Punktreparasjoner

Det er svært viktig med grundig kartlegging/forundersøkelser før man setter i gang en saneringsjobb. Et ledningsstrekke som er planlagt sanert, kan i realiteten være i relativt god stand. Feil i noen punkt, eksempelvis skader på enkeltrør, kan være årsak til problemer for hele kumstrekke.

I 2010 bestilte Søgne kommune utarbeidelse av et konkurransegrunnlag for strømpereovering av ca. 1000 meter DN 300 spillvannsledning. Det ble gjennomført en komplett kumregistrering og utført rørinspeksjon av hele strekningen under en nedbørsperiode. Resultatet av forundersøkelsene:

- I en lengdeforskjøvet rørskjøt sprutet vannet inn
- Ved en skadet rørskjøt var det betydelig vanninnslag
- I to kummer var det betydelige vanninnslag i kumbunn
- Betongrørene for øvrig hadde meget god kvalitet, uten tegn til innvendig korrosjon, belegg eller skader

Full renovering av ledningsstrekke ble kostnadsberegnet til ca. 1,8 millioner kroner. Etter en fullstendig kartlegging av ledningssystemets kvalitet, ble det utført fire punktreparasjoner til en kostnad av ca. 300 000 kroner. Ved å gjennomføre grundige forundersøkelser, sparte altså kommunen hele 1,5 mill. kroner. Dette er et godt eksempel på at punktreparasjoner kan være svært lønnsomt.

**Dersom ledningen er dårlig bare på enkeltpunkter/enkelt rør, kan punktrepasjon lønne seg istedenfor full utskifting/fornyelse. Det kan være mye å spare på å utsette kostbare tiltak i 20 år.**

Punktreparasjoner er som regel et resultat av lekkasjesøking på vannledninger og rørinspeksjon i avløpsledninger. Lekkasjesøking på vannledninger har for de fleste kommuner blitt en systematisk kamp for å redusere vannforbruket. Profesjonelt mannskap med avansert lytteutstyr avdekker alle de små lekkasjer, som ikke kommer opp til overflaten. Systematisk rørinspeksjon i avløpsnett har også blitt en dagligdriftsoppgave. Mange kommuner har egne mannskap og rørinspeksjonsbiler, som fører ledningskartverket med oppdaterte opplysninger om ledningenes tilstand. Denne fysiske arbeidsinnsatsen ute på ledningsnett gir kommunene verdifull kunnskap ved utarbeidelse av saneringsplaner. Flere kommuner har også begynt å få innsigert vannledningsnett sitt, med tilsvarende nytte for beslutninger knyttet til fornyelse av ledningsnett.

Rørinspeksjoner avdekker også punktfeil i avløpsnett, som kan medføre utlekking av forurensninger og innsig av fremmedvann. Det er også mange eksempler på punktfeil som kan bidra til kloakkstopper og fare for tilbakeslag hos abonnenter.



Figur 60. Enkeltfeil i avløpsnett blir punktrepasert (Foto: Flagstad as).

## 6.4. Renovering av kummer

Heldigvis har vi mange nedstigningskummer på vårt vann- og avløpssystem. Dette gir driftspersonellet god atkomst til ledningene ved spyling og uttak av sedimenter, rørinspeksjon, vannprøvetaking, lekkasjesøking etc. Kummene er også et veldig godt utgangspunkt for ledningsfornyelse, og flere NoDig-metoder kan utføres fra kum til kum. Renovering av kummer bør derfor innarbeides som del av ledningsfornyelsen.

For en oversikt over metoder for renovering av avløpskummer henvises det til SSTT på [www.sstt.no](http://www.sstt.no), hvor man under «Utførelsesmetoder» kan lese mer om «Kummer-rehabilitering». Dette beskriver danske forhold, men gir gode innspill også til oss i Norge.

Følgende metoder er aktuelle for fornyelse av avløpskummer:

- Den tradisjonelle metoden hvor kummen repareres/utbedres av en håndverker
- Bruk av strømperenovering tilsvarende som for ledninger
- Montering av segmenter eller elementer langs deler av kummen, eller i bunnen med påfølgende oppfylling bakom elementene av mørtel, skum etc.
- Montering av mindre kum inne i opprinnelig kum
- Injisering av utette skjøter
- Påføring av sprøytebetong

Mange kummer er så dårlige at det er fornuftig å foreta utskifting. Ved f.eks. utblokking av ledningen, kan kumgrop benyttes til mottaks- eller innføringsgrop. Men under planlegging av ledningsfornyelse bør man også være kritisk til eksisterende kumplasseringer. Med dagens utstyr til spyling og rørinspeksjon, vil kumavstander inntil 120 meter være uproblematisk å drifte. Nedleggelse av gamle kummer bør derfor også inngå i vurderingene.

Det vises også til kapittel 5.5, hvor det er vist eksempler på kostnadseffektiv utbedring av felleskummer for vann og avløp.

## 6.5. Stikkledninger

Som beskrevet i kapittel 4.3.3 har Stavanger kommune vedtatt å overta alle private stikkledninger for både vann og avløp ut av offentlig gategrunn fra 1.7.2012. Dette er et nytt tiltak i Norge, og erfaringene følges av mange andre kommuner.

Det hevdes at de private stikkledninger i Norge har en lengde minst tilsvarende respektive hovedledninger for vann og avløp. Antakeligvis utgjør de private stikkledninger minst en lengde på 20–30 % mer enn hovedledningsnettet, spesielt dersom man inkluderer de såkalte bunnledninger (private ledninger under bygg). Denne ledningslengden har stor betydning i forhold til både vannlekkasjer, avløpsledningers tap av forurensninger og innsig av fremmedvann. Derfor er Stavanger kommunes offensive holdning til private stikkledninger interessant. Kommuner vil ha direkte økonomisk motiv i å redusere lekkasjer i VA-ledningsnettet, mens de private kanskje ikke vil ha noen umiddelbar gevinst av å fornye sitt ledningsnett, utover å begrense skader på privat eiendom og opprettholde godt tappetrykk og grei bortledning av avløpsvann. På noe sikt (avhengig av tilstand) vil imidlertid huseier måtte ta regninga med utbedring av sitt private nett dersom kommunen ikke har utbedret dette.

De fleste kommuner skifter ut private vann- og avløpsledninger ut av gategrunn samtidig som det foretas utskifting av hovedledninger i offentlig gate. Noen kommuner sender regning på dette til stikkledningseierne, mens andre kommuner legger kostnaden inn i hovedanlegget. Når hovedledningene fornyes ved NoDig-teknikk, søker man å begrense graving maksimalt, og servicenivået overfor stikkledningseiere blir dermed begrenset.



*Figur 61. Til v.: Det registreres ofte vannlekkasjer i forbindelse med gamle anboringsklammer. Til h.: Begroing i 40 år gammelt galvanisert stålrør (Foto: Asplan Viak as/ Devegg Ruud).*

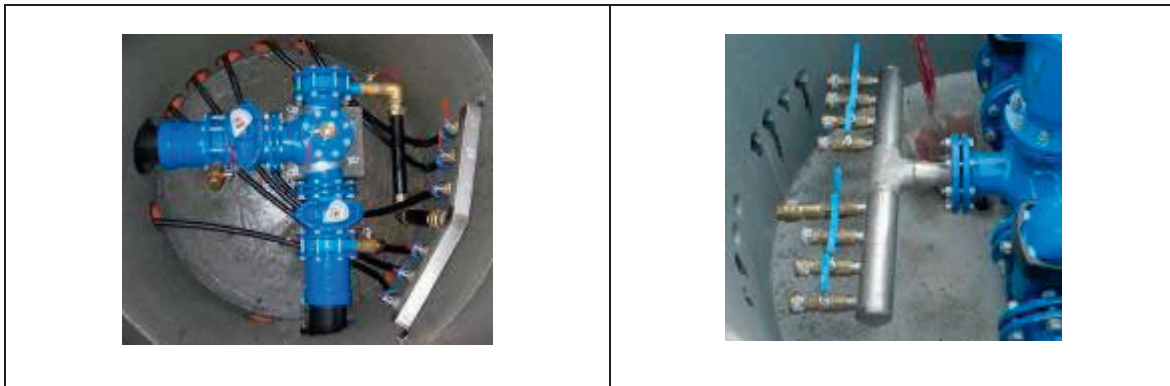
Ved utblokking av vannledninger, må anboringspunktet graves opp for rétilknytning av den private stikkledning. Noen kommuner greier å få til frivillig fornyelse av stikkledningen, ved at abonnenten dekker kostnader for splitting av den gamle ledningen og fører inn nytt PE-rør, fra oppgravd grop på hovedledningen. Ved strømperenovering av hovedavløpsledningen, blir stikkledningen gjenåpnet ved oppfresing. Dersom tilknytningspunktet har feil og skader, kan man forsterke med en «hattløsning» på inntil 0,5 meter. Noen strømpeinstallatører kan installere «hatter» inntil 18 meters lengde, og dermed fornye private stikkledninger ut av offentlig gategrunn. Med «hattløsninger» kommer kommuner i en ny økonomisk situasjon overfor abonnentene med hensyn til økonomisk dekning av fornyelsen.

Når hovedledninger skal fornyes, velger de fleste kommuner å få med fornyelse av de private stikkledningene i så stor grad som mulig. Det beste er at abonnentene går med på en frivillig fornyelse av sine stikkledninger, og dette krever som regel motivasjon i form av informative orienteringsbrev og informasjonsmøter. Dersom frivillighet ikke er mulig, kan kommunen utstede pålegg iht. forurensningsloven for avløpssystem.

Krav om oppgradering av privat avløpsledning, eller krav om separering av spillvann og overvann er hjemlet i § 22. Mens krav om nedleggelse av septiktanker er hjemlet i § 26. Les mer om forurensningsloven på <http://www.lovddata.no/> Krav til både vann- og avløpsledninger er hjemlet i Plan- og bygningsloven i Byggteknisk forskrift, se <http://www.lovddata.no>.

For vannledninger er det bl.a. angitt, at «Ledningsnett skal ha tilstrekkelig tetthet mot lekkasje ved maksimalt driftstrykk». For å holde seg oppdatert på lover og forskrifter, samtidig som man skal forvalte en god praksis overfor sine abonnenter, lykkes de kommuner best som har egen bemanning på dette området.

I Voss kommune har man vedtatt at det ikke skal være anboringer direkte på hovedvannledninger, men at stikkledninger samles i egne vannkummer for felles påkobling (se kapittel 5.4.2.1). Dette prinsippet har vært benyttet i flere år ved feltutbygginger av hytter, hvor man kan vise til positive driftserfaringer.



Figur 62. Forskjellige løsninger for private stikkledninger tilkoplede i vannkummer. Fra venstre: «Vossakummen», og manifoldløsning på blindflens (Foto: Asplan Viak as).

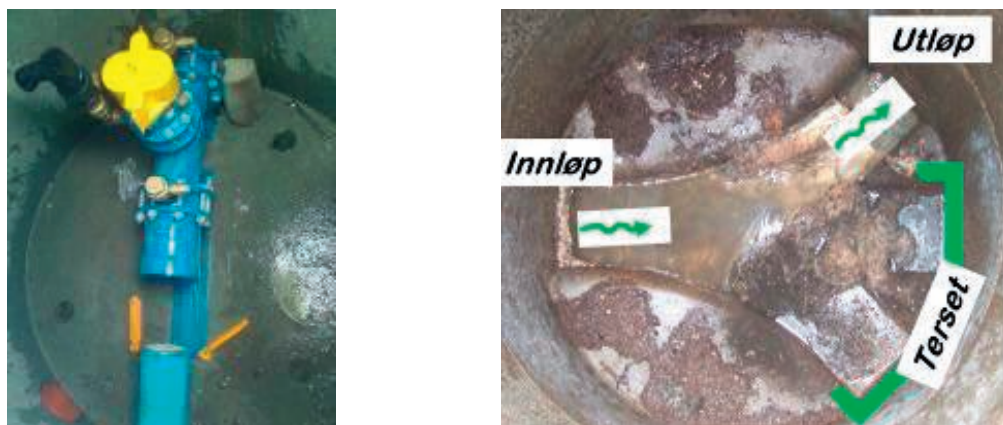
#### Mulige strategier for stikkledninger:

- Når hovedledninger fornyes, bør fornyelse av de private stikkledninger gjennomføres samtidig
- Kommunen bør skifte ut private stikkledninger ut av veigrunn for å unngå oppgraving i nær fremtid

## 6.6. Nyanlegg

De senere år har det vært observert relativt mye feil på nyanlegg. Firma som utfører trykkprøving, rapporterer at inntil 60% av nylagte vannledninger har feil og mangler. Firma som utfører rørispeksjon rapporterer om betydelige innslag av svanker på nye avløpsledninger. De største svanker blir krevd utbedret, mens flere av de mindre svankene blir akseptert av ledningseier. Dette er en betenkelig utvikling da man vet at fettansamlinger ofte er orientert til nettopp svanker, hvor vannhastigheten er mindre. Slike «barnesykdommer» vil kunne påvirke rørsystemets totale levetid.

Streng kontroll av nyanlegg er helt nødvendig. Flere kommuner velger nå å prioritere økt kompetanse og rekruttering til egen byggeledelse, da entreprenørers egenkontroll ikke er tilstrekkelig for et helhetlig og godt VA-anlegg. Man ser også økt kompetanse og bedre utstyr hos RIN-operatører (Se <http://www.rin-norge.no/>). Spørsmålet er også om man bør legge om dagens praksis, med at entreprenørene selv kjøper inn kontrolloppgaver i entreprisen ut fra billigste tilbud. Kanskje kommuner i sterkere grad bør administrere kontrolloppgavene som 3. manns-kontroll, og på den måten få best mulig kontroll til rett tid.



Figur 63. Feil på nyanlegg. Til v.: Vannverkskonsoll forskjøvet under trykkprøving. T.h.: Prefabrikkert avløpskum montert i feil strømningsretning (Foto: Asplan Viak)

Det er liten tvil om at detaljprosjektering av nyanlegg kan bli bedre. Mange kommuner har utviklet gode VA-normer, se bl.a. <http://va-norm.no/>, men den prosjekterende må fortsatt velge kvaliteter, løsninger og prinsipper for et godt VA-system. Når det avdekkes så mye lekkasjer i forbindelse med anborings-klammer bør man kanskje velge andre løsninger? Er kummer prosjektert med tanke på enkel tilgjengelighet, er kumavstander tilpasset kontrolloppgavene, og er forankringer av trykkledninger godt nok ivaretatt?

I dagens VA-Norge blir de fleste VA-anlegg prosjektert av rådgivende ingeniørfirma. De har dermed et betydelig ansvar for å holde god kompetanse hos sine medarbeidere. Men også plangrunnlaget bør kvalitetssikres av kompetente personer. Flere kommuner bør bruke erfarne byggeledere til også å foreta gjennomgang av detaljprosjektet før det konkurransenutsettes.

Sist men ikke minst er det viktig at det settes av nok tid til å gjøre en god nok jobb i alle ledd. La ikke tidsklemma gå på bekostning av VA-anleggets kvalitet og levetid!

#### **Mulige strategier for nyanlegg:**

- **Sørg for god kvalitetskontroll av detaljprosjekteringen**
- **Prioritér kommunens egen byggeledelse**
- **Vurder 3.manns-kontroll administrert av kommunens byggeledere**
- **Nyanlegg må bygges med minimale feil og avvik**
- **Tilstrekkelig tid**

### **6.7. Levetid for fornyelsesmetoder**

Når ledningsfornyelsen skal utføres ved NoDig-utførelse, er det for flere av metodene en målsetting om at kvaliteten skal være tilsvarende et konvensjonelt nyanlegg, med levetid på minst 100 år. Levetiden for et nedgravd ledningssystem har vært gjenstand for mange spekulasjoner og diskusjoner. Hva er egentlig levetid i et samfunn som hele tiden endrer seg både når det gjelder tekniske muligheter, kunnskap og krav fra samfunnet? Generelt kan man snakke om:

- Teknisk levetid
- Økonomisk levetid
- Samfunnsmessig levetid
- Driftsmessig levetid
- Grensesnitt - levetid

**Teknisk levetid** defineres som levetiden før et rør eller en komponent går i stykker og må erstattes. Vanligvis vil man i dag kunne snakke om 100 års teknisk levetid ved riktig valg av materiale, styrke og funksjon. Den tekniske levetiden kan forlenges ved å utføre reparasjoner på ledningen/komponenten. Dimensjonerende levetid for rør har de siste årene vært 50 år, med en sikkerhetsfaktor i området 1,25 – 2,5 avhengig av materiale og anleggets betydning («... og tiltakshavers lommebok»).

**Økonomisk levetid** henspeiler til den tid som trengs for at investeringen er nedbetalt. For ledningsanlegg og bygninger i kommunal sammenheng har det vært vanlig med økonomisk levetid på 40 – 50 år, mens pumper og maskinelle komponenter har hatt en tilsvarende tid på 20 år.

Med **samfunnsmessig levetid** i denne sammenheng, forstås den tiden et ledningsanlegg har kapasitet og styrke til å betjene en voksende befolkning, og endringer i infrastruktur og arealbruk. Dersom veksten i befolkningen blir større enn prognosene (og det kan skje når man skal se inn i «glasskula» i et 100 års-perspektiv), vil

ledningene rett og slett bli for små, selv om de teknisk sett kan leve i 100 år. Likeledes må ledninger ofte omlegges, dersom reguleringsplaner medfører at nye veier, jernbaner eller bygninger etableres over nåværende ledningsinfrastruktur. Den samfunnsmessige levetiden er følgelig mindre, eller lik, den tekniske levetiden.

Man kan også diskutere **driftsmessig levetid**, som er den tiden ledningen greier seg uten særlig drift og vedlikehold. Enkelte anlegg vil kunne ha innvendig begroing, som krever mye vedlikehold i form av spyling. Det er også eksempler på relativt nye avløpsledninger med svanker, som fører til behov for rutinespylinger. Dette er eksempler på at driftskostnader kan bli så høye på en ledningsstrekning, at man ser det fordelaktig å investere i et nytt anlegg.

**Grensesnitt-levetiden** henger til en viss grad sammen med den driftsmessige levetiden. Man betrakter i denne sammenheng de svakeste leddene i et ledningssystem, for eksempel anboringer, dårlige enkeltrør, ventiler, flensekoplinger, pakninger, kummer, forankringer etc. Disse snittene er ofte beheftet med problemer selv om ledningsstrekningene er i god stand. Til en viss grad kan slike skader utbedres, men blir de for mange, vil de over tid medføre så mye «plunder og heft», at ledningssystemet bør byttes ut. I et «nullekkasje» perspektiv vil de ikke kunne aksepteres.

Som oppsummering kan man si at levetiden for et ledningssystem er en svært sammensatt sak. I praksis har ikke dagens ledningsanlegg en gjennomsnittlig levetid på 100 år. Normal fornyelsestakt i VA ledningsnett i kommunene i dag, ligger i området 0,5-1 % av total ledningslengde. Med andre ord er man avhengig av en levetid i området 100 – 200 år, for å holde tritt med forfallet. For anlegg basert på konvensjonell graving og nye rør, bør levetiden i dag være minst 100 år. For øvrig kan denne utfordringen bare løses med tekniske innovative metoder, nye materialer og stort fokus på NoDig-teknologi.

Med dagens NoDig-metoder kan man oppnå en levetid for den "nye" ledningen på minst 100 år. Men dette er helt avhengig av:

- **For alle metoder:** riktig behandling av renoveringsproduktet før installasjon, og at ikke selve installasjonen påvirker produktets kvalitet i negativ retning.
- **For strøperenovering, tetttilsluttet rør og belegg:** Tilstanden og restlevetiden for den gamle ledningen.
- **For utblokking:** Den gamle ledningens omfyllingsmasser.

Selv om noen NoDig-metoder ikke skulle ha 100 års levetid, kan dette likevel i mange tilfeller forsvares. Dette gjelder for eksempel ved belegg av vannledninger hvor en kan gjennomføre mye fornyelse på kort tid. Man forlenger levetiden på eksisterende ledningsnett og kjøper seg på den måten litt tid.

**Hentet fra Trondheim kommunes VA-norm – Hovedprinsipper for valg av ledningsmaterialer:**

**Ved valg av ledningsmaterialer skal tre hovedkriterier vurderes og vektlegges i følgende prioritet:**

- 1. Tilstrebing av 200 års levetid på rør og deler**
- 2. Rørmateriale skal gi en kostnadseffektiv drift og vedlikehold av ledningsnett**
- 3. Rør skal ha en riktig kostnad i forhold til levetid, drift og vedlikehold**

## 6.8. Anskaffelseskonkurranse mellom ulike fornyelsesmetoder

Normalt konkurranseutsettes NoDig-prosjekt etter at metode er valgt. Det kan være definerte strekninger for strøpeinstallasjon i avløpsledning, utblokking av vannledning, eller styrt boring i løsmasser for fremføring av ny vann- eller avløpsledning. Noen prosjekt egner seg for direkte konkurranse mellom forskjellige metoder. Vi skal her se på noen utførte prosjekt.

**Eksempel 1:** I Tord Pedersens gate i Drammen ble det i 1970 lagt en DN150 vannledning i duktilt støpejern uten innvendig sementmørtelbelegg. Etter en rekke vannlekkasjer ble det i 2006 bestemt å gjennomføre en ledningsfornyelse. Årsaken til lekkasjene var utvendig korrosjon på grunn av korrosive omfyllingsmasser, og reparasjoner er utført med reparasjonsklammer. Ledningen ligger i en bratt skråning inn mot et større garasjeanlegg, og graving ble vurdert som svært krevende. Ledningens dimensjon ønskes tilnærmet opprettholdt, og det ble derfor gjennomført en konkurranse mellom utblokking/PE-innføring og CompactPipe (tettisluttet rør). Kvalitetskrav til PE-rør ble satt til SDR 13,6 med PP-kappe, mens en CompactPipe er et PE-rør SDR 17. I konkurransegrunnlaget ble CompactPipes rørkvalitet vurdert til 60 % av PE-rørets SDR 13,6. I dette tilfellet vant CompactPipe ut fra en samlet teknisk og økonomisk vurdering.



Figur 64. Konkurranse mellom CompactPipe og utblokking (Foto: Asplan Viak as).

**Eksempel 2:** Skjelsvik-prosjektet i Porsgrunn ble gjennomført i 2008. Kommunen hadde god erfaring med NoDig-metoder, og de ønsket å konkurranseutsette utblokking av en 1000 meter lang DN200 vannledning i grått støpejern. Kravet til ny dimensjon var DN355 PE-rør SDR11, med PP-kappe. To firma deltok i konkurransen. Underveis i prosjektet ble det flere ganger vurdert hva de tidsmessige og økonomiske konsekvensene ville vært om prosjektet istedenfor hadde vært gjennomført som et konvensjonelt graveprosjekt. Det ble derfor utarbeidet en rapport for Porsgrunn kommune, støttet av SSTT og Norsk Vann, som kan lastes ned fra [www.asplanviak.no](http://www.asplanviak.no) (Trykk på NoDigKalkulator og last ned rapporten «NoDig versus åpen grøft. Miljømessige, økonomiske- og juridiske betraktninger»). Her er det foretatt en grundig sammenligning av konvensjonell graving kontra utblokking og innføring av PE-rør. **Feil! Fant ikke referanseilden.** viser en sammenligning av utblokking og graving for det konkrete prosjektet.

Tabell 7. Sammenligning av konvensjonell graving og utblokking i Skjelsvikprosjektet

Indikator	Graving	Utblokking	Besparelse NoDig vs. Graving
Prosjektkostnad	8.100,-/m	4.300,-/m	47%
Anleggstid	120 dager	60 dager	50%
Beslaglagt areal	9690 m <sup>2</sup>	935 m <sup>2</sup>	90%
CO <sub>2</sub> -utslipp	101 tonn/m	13 tonn/m	87%

**Eksempel 3:** I 1975 ble det i Hamar-regionen lagt en 1000 meter lang avløpsledning av DN 400 Betongrør, med gjennomsnittlig fall på 4 ‰. Ledningen ligger primært over dyrket mark/i utmark, og har i 35 år mottatt avløpsvann fra lange pumpeledninger. Rørtilstanden kan oppsummeres til stedvis betydelig innvendig tæring og gjennomgående belegg/begroing. Men foreløpig er det ikke registrert noen form for rørdeformasjoner. Vi har dermed en "pasient" med en restlevetid, som åpner for flere alternative ledningsfornyelser. Det ble gjennomført en konkurranse mellom metodene utblokking /PE rør-innføring, strømperenovering og konvensjonell graving.

For å kunne sammenligne tilbudene, ble det stilt enhetlige krav til metodenes kvalitet på ferdig installasjon, ringstivhet og kapasitet, i forhold til dimensjonerende vannmengde. Konkurransen resulterte i fem kvalifiserte entreprenørbud: ett på utblokking, to på strømperenovering og to på konvensjonell graving. Ut fra en teknisk/økonomisk vurdering, ble strømperenovering valgt. I dette prosjektet leverte også samtlige firma et anslag på planlagt CO<sub>2</sub>-utslipp, basert på bensin-/dieselforbruk. Entreprenør for «Strømpe 1» utførte et CO<sub>2</sub>-regnskap under hele anleggsperioden, og endte opp med 21,1 kg CO<sub>2</sub> pr. meter.

Tabell 8. Sammenligning av fornyelsesmetoder i HIAS-prosjektet

<b>Metode:</b>	<b>Pris (Mill. kr):</b>	<b>Anleggstid (Uker):</b>	<b>CO<sub>2</sub>-utslipp (Kg/m):</b>
Utblokking	3,2	6	2
Strømpe 1	2,1	8	12
Strømpe 2	3,3	10	30
Graving 1	3,4	14	68
Graving 2	3,8	16	173

Dette prosjektet viser at det er fullt mulig å utarbeide en konkurranse mellom forskjellige metoder for ledningsfornyelse. Men det er en forutsetning at resultatet kan defineres som tilnærmet likeverdig. Etter hvert som både rådgivere og entreprenører blir flinkere til å definere miljøbegrepet/bærekraft, kan også indikatorer som CO<sub>2</sub>-utslipp kunne benyttes som et tildelingskriterium i konkurranser.

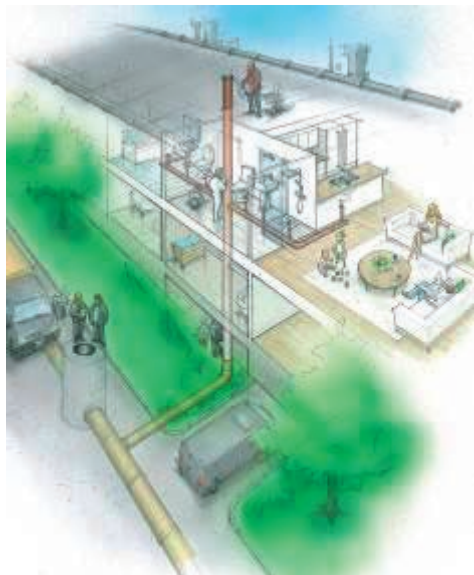
## 6.9. Kostnader for NoDig-metoder

Kostnader for NoDig-utførelse er avhengig av hvor i landet prosjektet skal gjennomføres, prosjektets størrelse, hva som skal inngå i prosjektet, grundigheten i konkurransegrunnlaget og den generelle konkurransesituasjonen. Entreprenørens transport- og tilriggingskostnader påvirker løpemeterprisen i stor grad. Det er derfor gunstig å samle opp til så store prosjekt som mulig. Noen kommuner velger å utføre i egen regi de tradisjonelle oppgavene som punktgraving med tilhørende arbeidsvarsling, varsling av abonnenter, provisorisk håndtering av vann, utskifting av kummer etc. Dette forenkler oppgaven for NoDig-entreprenøren, som ikke alltid har den samme lokalkunnskap. Det er store variasjoner i kvalitet på konkurransegrunnlag for NoDig-utførelser. Jo mer opplysninger som gis om det gamle ledningssystemet, grunnforhold og omgivelser, desto mer forutsigbart blir prosjektet å prise for entreprenøren.



Konkurranseutsetting av statlige og kommunale innkjøp har utviklet seg til en ressurskrevende og kostbar prosess. Derfor velger mange kommuner rammeavtaler for NoDig-utførelse på f.eks. 1 år, med opsjon på hvert av de neste 3 år. Dermed fordeles innsats i anskaffelsesprosessen over 4 år. Med et slikt perspektiv har både byggherre og entreprenør mulighet til å trene på samarbeidet, og etter hvert utvikle et fleksibelt opplegg for begge parter. Prinsippet med byggherreopsjoner etter hvert år, gjør det mulig å avvike avtalen ved f.eks. manglende fremdrift, dårlig utførelse, mangelfull kvalitet etc.

Det er liten tvil om at NoDig-aktivitetene har økt i de senere år. NoDig på kommunale hovedledninger har fått sterk konkurranse fra de private ledningseiere. I 2012 er omsetningen på det private ledningsnett større enn på det kommunale nettet. Den største aktiviteten på privat ledningsnett er fornyelse av avløpsledningene, hvor det i stor grad strømpereoveres fra baderommet og helt ut til det kommunale nettet. Men behovet for tiltak på private stikkledninger for vann er også stort. Den økte aktiviteten skyldes ledningenes tilstand, hvor disse prosjektene i stor grad er knyttet til boligblokker



og rekkehus bygget i perioden 1960 – 1970. Det er derfor viktig at kommune-Norge fortsetter den positive utviklingen på sine hovedledninger, slik at dagens nivå med 3-4 tilbud på strøpmeutførelse, utblokking og styrt boring kan øke til minst 5 konkurrerende tilbud i ethvert NoDig-prosjekt.

Det er flere gode eksempler på at NoDig-utførelse har vært en kostnadseffektiv ledningsfornyelse sammenlignet med utskifting ved konvensjonell graving. I nedenstående tabell er det vist til réelle sammenligninger, hvor årsaken til besparelsen alltid er relatert til overflatemessige forhold.

Tabell 9. Økonomisk sammenligning av noen NoDig-prosjekt vs. konvensjonell graving

Kommune - År	NoDig-metode	Økonomi (kostnader ekskl. mva)		
		Graving (kr/m)	NoDig (kr/m)	Besparelse (Mill. kr)
1. Holmestrand - 2001	Styrt boring, avløp	5.500,-	2.600,-	1,9
2. Røyken - 2005	Utblokking, vann	1.525,-	1.250,-	1,1
3. Nedre Eiker - 2005	Strømpe, avløp	7.500,-	3.400,-	1,4
4. Tønsberg - 2007	Strømpe, avløp	8.500,-	4.200,-	1,8
5. Porsgrunn - 2008	Utblokking, vann	8.100,-	4.300,-	3,8
6. HIAS - 2010	Strømpe, avløp	3.400,-	2.100,-	1,3

Noen NoDig-prosjekt blir benyttet der det ikke er noe gravealternativ. Dette kan være kryssing av vassdrag, veier og bane, på store dyp, eller under bygninger. Men svært ofte viser det seg at réetablering av overflate driver gravekostnader i været, som i tabellens prosjekter:

1. Holmestrand – 2001: Ny ledning over myr. Måtte eventuelt gravd rundt myr.
2. Røyken – 2005: Skogområde og dyrket mark. Sparte hogst og jordbruksdrenering.
3. Nedre Eiker – 2005: Traséen passerer flere flotte hager.
4. Tønsberg – 2007: Traséen passerer flere flotte hager.
5. Porsgrunn – 2008: Traséen passerer private hager, boligater og skogsområder.
6. HIAS – 2010: Traséen passerer over dyrket mark. Sparte jordbruksdrenering.

Mange ønsker løpemeterpriser for de forskjellige NoDig-metoder. Dette er svært avhengig av antall stikkledningstilkoplinger, kummer, rørbend etc. i tillegg til de forhold som er nevnt innledningsvis i dette kapittel. Ved kalkulasjon av NoDig-utførelse, kan det være praktisk å tenke at: **Prosjektkostnad = Metodekostnad + Anleggskostnad**

Tabell 10. Eksempel på metodekostnader og anleggskostnader for to NoDig-metoder

NoDig-metode	Prosjektkostnad	
	Metodekostnad	Anleggskostnad
Utblokking/PE-rør-innføring	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levering og sveising av PE-rør</li> <li>• Forundersøkelser, eks. rørinspeksjon m.m.</li> <li>• Tilrigging av utstyr</li> <li>• Utblokking / innføring av PE-rør</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varsling av abonnenter</li> <li>• Gravemelding</li> <li>• Trafikkavvikling</li> <li>• Buksering av PE-rør</li> <li>• Punktgravinger</li> <li>• Provisorisk vannforsyning</li> <li>• Rétilknytning av stikkledninger</li> <li>• Kontroll av bygningers jordingsforbindelse</li> <li>• Kumarbeider</li> <li>• Réetablering av området</li> </ul>
Strømpeinstallasjon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forundersøkelser, eks. rørinspeksjon, fresing av innstukne tilkoplinger m.m.</li> <li>• Tilrigging av utstyr</li> <li>• Strømpeinnføring / herding</li> <li>• Oppfresing av tilkoplinger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varsling av abonnenter</li> <li>• Trafikkavvikling</li> <li>• Evt. punktgravinger m/gravemelding</li> <li>• Provisorisk avløp</li> <li>• Kumarbeider</li> <li>• Réetablering av området</li> </ul>

Tabell 11. Antydningvisse metodekostnader for noen NoDig-metoder. DN200, ekskl. mva. og anleggskostnader.

Metoder	Metodekostnad (kr/meter)	Kommentarer
Belegging i vannledning	Kr 900 – 1.200	Normalt ikke gravebehov
Strømpe i avløp	Kr 900 – 1.300	Normalt ikke gravebehov
Utblokkning, vannledning	Kr 1.000 – 1.500	
Styrt boring, vannledning	Kr 1.900 – 2.400	

For de som skal administrere NoDig-prosjekt er det viktig å lære metodenes muligheter og begrensninger. Først da kan man utnytte NoDig-metodenes store fordeler med hensyn til økonomi, tidsforbruk og miljømessige fordeler. Sett i forhold til konvensjonelle graveprosjekt, vil også byggeledere bli vesentlig mindre belastet i anleggsperioden.

De beste priser oppnås når det foreligger en grundig prosjektering innarbeidet i et velformulert konkurransegrunnlag. NoDig-entreprenørene utfører både underentrepriser i større infrastruktureppdrag og komplette leveranser overfor ledningseiere, eks. kommuner. For komplette leveranser er det viktig at entreprenørene blir presentert mengdeoppstilling som inkluderer alle aktiviteter. Det er entreprenøren som har kompetanse på gjennomføring av sin metode og installasjonsprosedyre, fremdrift, klargjøring, driftsansvar etc. som må følges. Ved å innarbeide alle aktiviteter i en kontrakt, oppnås det man kan kalle en «modifisert totalentreprise».

## 6.10. Offentlige innkjøp og miljømessige konsekvenser

Det er liten tvil om at myndighetene legger opp til at miljømessige forhold skal vektlegges i offentlige innkjøp. Dette er en interessant og utfordrende situasjon for alle som arbeider med ledningsfornyelse av vann- og avløpsnettet.

Lov om offentlige anskaffelser - § 6 Livssyklus-kostnader, universell utforming og miljø:

*«Statlige, kommunale og fylkeskommunale myndigheter og offentligrettslige organer skal under planleggingen av den enkelte anskaffelse ta hensyn til livssyklus-kostnader, universell utforming og miljømessige konsekvenser av anskaffelsen».*

I § 6 står det altså ikke at man «**kan** ta hensyn til», men at man «**skal** ta hensyn til» bl.a. miljømessige konsekvenser. Da er det opp til de som gjennomfører offentlige anskaffelser, å sørge for at miljøbegrepet innarbeides som en del av konkurransen.

Direktoratet for forvaltning og IKT (Difi) peker også på muligheten til å sette miljøkrav i anbudsrunder (Se <http://www.anskaffelser.no/>):

*«Det kan stilles miljøkrav til ytelsen i kravspesifikasjonen, eksempelvis krav til maksimalt energibruk og maksimalt utslipp av CO<sub>2</sub>. Miljø som tildelingskriterium: Det tilbud som best oppfyller miljøkriteriet får flere poeng i tilbudsvurderingen. Miljø vil da virke som et konkurranseparameter og premiere miljøvennlige tilbud».*

I rapporten «NoDig vs. graving» uttaler adv. Guttorm Jacobsen i advokatfirmaet Haavind AS bl.a. følgende:

*«Unnlatelse av å ta i bruk NoDig-metoder ved gravearbeider / fornyelse av ledningsnett i tettbygde strøk kan medføre erstatningsansvar etter naboloven §2 jf. §9, alt ettersom hvorvidt forholdene ligger til rette for at en slik metode ville ha vært egnet. Tiltakshavere bør derfor alltid vurdere om oppgaven kan løses ved bruk av NoDig-teknologi, og hvis nei kunne gi en nærmere begrunnelse for hvorfor slik teknologi på det aktuelle tidspunktet ikke skulle være egnet».*

Ved utførelse av fornyelse må både servicegrad, omdømme og miljøfaktorer være viktige kriterier for valg av metoder. Dette må inkludere forhold som mulighetene for omkjøring av trafikken, og ulemper for publikum og næringsliv med hensyn til tilgang. Dette gjelder særlig ved fornyelse i tettbygde strøk.

Naboloven er også relevant i forhold til valg av NoDig løsninger ved fornyelse. På grunn av ulempene som følger av tradisjonell graving av ledningsgrøft, og de konsekvenser det har for naboer til anleggsarbeidene, bør kommunene også vektlegge kriterier hvor dette forholdet blir inkludert. Fra juridisk hold anbefales det at det alltid gjennomføres et forprosjekt hvor tekniske, miljø- og samfunnsmessige konsekvenser vurderes.

Det har vært overraskende lite fokus på at NoDig-utførelse gir mindre miljømessige konsekvenser enn konvensjonell utskifting ved gravearbeid. Når forholdene ligger til rette for NoDig som alternativ til konvensjonell graving, vet man at anleggstiden blir kortere, det blir mindre beslagleggelse av overflateareal og trafikk og publikum påvirkes i mye mindre grad.

Ved de tidligere nevnte prosjektene «Porsgrunn - 2008» og «HIAS - 2010» ble det foretatt CO<sub>2</sub>-beregninger av NoDig-utførelser i forhold til konvensjonell graving. Videre ble det utført en masteroppgave ved UMB i 2009, av Hildegunn Østerbø Sørumsdalen, som også har sammenlignet CO<sub>2</sub>-utslippene. Det bemerkes at det i disse prosjektene er forutsatt at alle rør er tilført anleggsplass. **Feil! Fant ikke referanseilden.** viser anleggstid og CO<sub>2</sub>-utslipp for tre ulike prosjekter.

Tabell 12. Anleggstid og CO<sub>2</sub>-utslipp i tre prosjekt

Prosjekt	Graving		NoDig	
	Anleggstid	CO <sub>2</sub> -utslipp (kg/m)	Anleggstid	CO <sub>2</sub> -utslipp (kg/m)
Skjelsvik - 2008	24 uker	100	12 uker	13
Sørumsdalen (2009)	-	100 <sup>*)</sup>	-	13
HIAS - 2010	15 uker	120	8 uker	21







I disse tre prosjektene utgjør CO<sub>2</sub>-utslippene for NoDig 13 – 17,5 % av tilsvarende graveprosjekt. Foreløpig kan man derfor kunne hevde:

**Noen refleksjoner om miljøbelastningen:**

- **NoDig har et CO<sub>2</sub>-utslipp på ca. 20 kg/meter.**
- **Graving har et CO<sub>2</sub>-utslipp på ca. 100 kg/meter.**
- **NoDig har et CO<sub>2</sub>-utslipp ca. 80 % lavere enn ved graving.**

De miljømessige konsekvenser ved ledningsfornyelse bør vurderes grundigere, slik at man får sikrere tall for miljøbelastninger. VA-bransjen må derfor vektlegge dette mye sterkere i sin planlegging og ved konkurranseutsetting. Kanskje kan man se for seg et konkurransegrunnlag hvor miljøbelastningen er tatt inn som et tildelingskriterium i entreprenørkonkurransen.

## Anbefalinger operativ/teknisk planlegging/utførelse

<i>Kunnskap om aktuelle undersøkelsesmetoders muligheter til å avdekke ledningers tilstand, og faktisk anvendelse av slike metoder, er helt avgjørende for å foreta riktige beslutninger.</i>	
<i>Utførelse av punktreparasjoner vil der hvor det ligger til rette for det, kunne utsette full utskifting / fornyelse i mange år. I løpet av et 20 års perspektiv, kan det være mye penger å spare ved å punktrepasere i stedet for å skifte ut hele kumstrekket.</i>	
<i>Ved enhver ledningsfornyelse bør det vurderes NoDig-utførelse. Dersom ikke det er mulig, gjennomføres konvensjonell utskifting.</i>	
<i>Kunnskap om NoDig-metoders muligheter, og begrensninger, er en forutsetning for å kunne velge riktig metode på rett sted.</i>	
<i>Kommuner bør bli enda flinkere til å kvalitetssikre rådgiveres detaljprosjektering, og gjennomføre en fortløpende kontroll av entreprenørutførelsen.</i>	
<i>Et av de beste tiltak for å sikre et VA-ledningsnett lang levetid, er å prioritere egne byggeledere med økt kompetanse.</i>	

## 7. Referanser

Bernhus C., Nilssen O., Mosevoll G. og Hansen A. (2007). Dataflyt – Klassifisering av avløpsledninger. Norsk Vann rapport 150/2007.

Brattebø, H. (2012). UWCS sustainability definition and assessment. Rapport fra EU prosjektet TRUST.

Bruaset, S., Selseth, I. og Hafskjold S. (2010). Statistisk analyse av brudd på vannledningsnett i Trondheim og feilprediksjon med programmet Casses. SINTEF rapport SBF IN F10301.

Hafskjold L.S. og Sægrov S. (2007). Termoplastrør i Norge – før og nå". SINTEF rapport SBF IN A07302. NORVAR.

LNEC & IST (2011). Infrastructure asset management of urban water services – the AWARE-P approach and tools. AWARE-P project. PowerPoint presentation. Laboratório Nacional de Engenharia Civil & Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal

Røstum J. og Selseth I. (2005). System for kvalitetssikring av egenskapsdata i ledningsregistre. SINTEF rapport STF50 A05097.

Sægrov, S. (red), 2005. CARE-W - Computer aided rehabilitation of Water networks. IWA Publishing.

Sægrov, S. (red), 2006. CARE-S - Computer aided rehabilitation of sewer and storm water networks. IWA Publishing.

Ugarelli R., Selseth, U. og Le Gat (2012). SMS from OSLO VAV - Secure and Monitored Service from Oslo VAV. SINTEF rapport.

Ødegaard H. (red.) (2012). V01 - Lærebok VA. Vann- og avløpsteknikk

## Vedlegg A:

### LTP/KANEW - program for beregning av langsiktig fornyelsesbehov

Modellen LTP (*Long Term Planning*) (også kalt KANEW) er et program for analyse av rehabiliteringsbehov for ledningsnett som ble videreutviklet som en del av EU-prosjektet CARE-W (Sægrov, 2005). LTP beregner restlevetid og det framtidige årlige fornyelsesbehovet for ledningsnettet.

Resultatene fra en slik analyse egner seg på strategisk ("Hovedplan") nivå for å anslå nødvendig fremtidig fornyelsesbehov for hele ledningsnettet/grupper av ledninger. Metoden er enkel og egner seg for de fleste VA-verk, men har på grunn av sin enkle oppbygging også sine svakheter. Et motto som derfor passer godt for denne type modell er: *"it is better to be roughly right, than precisely wrong"*. Metoden er generisk og kan anvendes på både vannledninger, avløpsledninger, kummer etc. Fordelen er at den krever lite inngangsdata, mens ulempen er at resultatene av den grunn bare er nyttig på overordnet strategisk nivå og at en derfor kan ikke si noe om tilstandsutviklingen av enkeltledninger.

For å gjennomføre en analyse av fornyelsesbehovet trengs det forholdsvis lite input-data. Det er nødvendig å ha rørmaterial, anleggsår og lengde fra ledningsdatabasen for å beregne framtidig årlige fornyelsesbehov. Input som også må genereres til programmet er inndelingen av ledningsgrupper, forventet levetid for disse gruppene og enhetskostnader for de rehabiliterings- og utskiftningsmetoder man ønsker å benytte seg av. Hvis man har disse kostnadene tilgjengelig kan programmet også beregne framtidig årlige investeringsbehov/kostnader. Man må også fastsette hvor stor andel (i prosent) av de ulike fornyelsesmetodene som skal benyttes.

#### Inndeling av ledningsnettet i grupper

For å vurdere det langsiktige fornyelsesbehovet med denne metoden/modellen deles ledningsnettet inn i grupper av ledninger som forventes å ha lik tilstandsutvikling. Den vanligste måten å gruppere ledningene på er å ta utgangspunkt i rørmaterialet og anleggsår. I tillegg kan man benytte produksjonsstandard, geografisk beliggenhet, diameter, alder og andre kriterier for at gruppen skal bli så homogen som mulig. Det anbefales å benytte maksimalt 10 ledningsgrupper for at analysen ikke skal bli for uoversiktlig.

Tabell 13 Illustrasjon gruppeinndeling for avløpsnettet i en norsk kommune

Klasse	Navn	Materialer	Materialkoder fra GEMINI VA
1	1-BET1	Betong før 1949	BET
2	2-BET2	Betong 1949-63	BET
3	3-BET3	Betong 1964-79	BET
4	4-BET4	Betong 1980-03	BET
5	5-PE	PE	PPP, PEL, PEH, PE50, PE
6	6-PVC	PVC	PVC
7	7-Annet	Andre materialer	Ukjent, SJK, SJG, NN, GUP, ABS

#### Levetidsestimat

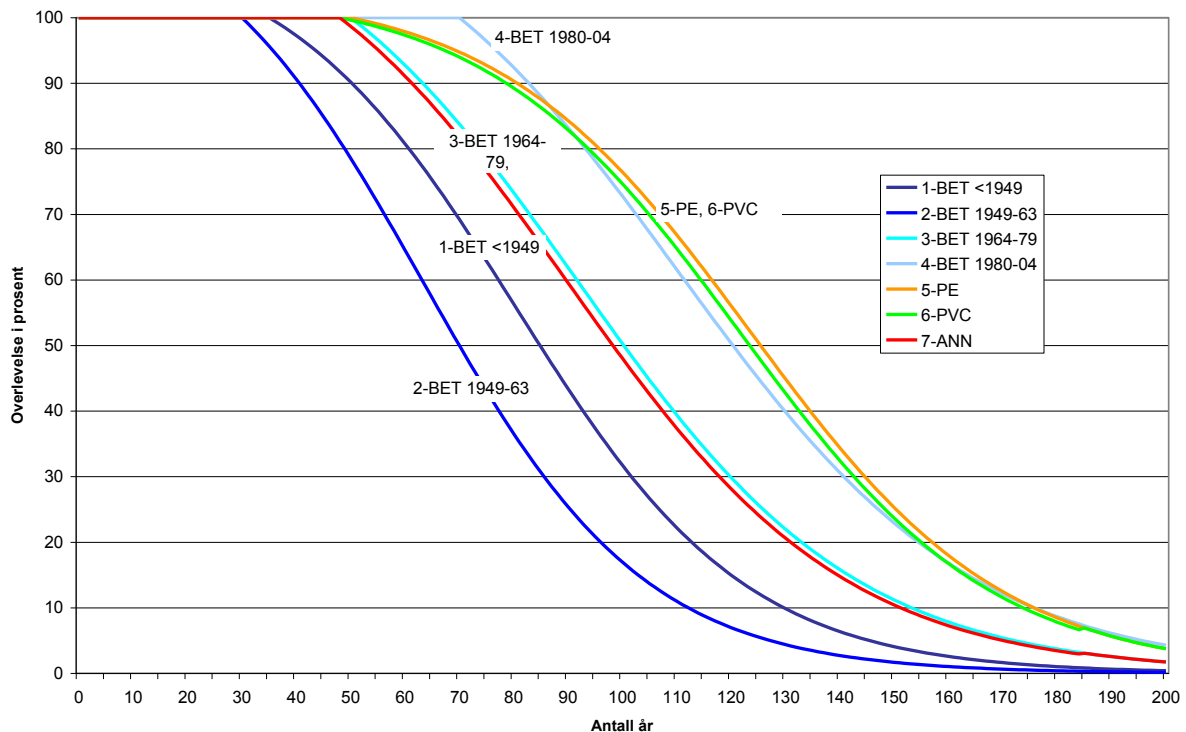
Basis for levetidsanalysene er estimater for forventet levetid for de ulike ledningsgruppene. Tabell 14 viser levetidsfunksjoner som er brukt i denne analysen. To estimater for hver levetid angis; et kort (pessimistisk) og et langt (optimistisk). Hvert estimat består av 3 verdier; antatt levetid (i år) for 100 % av ledningsgruppen, for 50 % (50 % av gruppen er fortsatt i drift) og for 10 % (10 % av gruppen er fortsatt i drift).

LTP beregner forløpet for levetidsfunksjonene basert på disse estimatene. Midlere levetid beregnes og er den mest sannsynlige levetiden for gruppen..

Tabell 14. Illustrasjon levetidsfunksjoner for avløpsledninger i norsk kommune

Levetids funksjon	Klasse- navn	Pessimistisk levetid i år 100-50-10 %	Optimistisk levetid i år 100-50-10 %
1	1-BET1	30-80-120	40-90-140
2	2-BET2	25-60-90	35-80-120
3	3-BET3	40-80-125	60-120-175
4	4-BET4	60-100-150	80-140-200
5	5-PE	40-100-150	60-150-200
5	6-PVC	40-100-150	60-150-200
3	7-Annet	40-80-125	60-120-175

På grunnlag av disse levetidsdata beregnes overlevelsesfunksjoner. Figur 65 viser overlevelsesfunksjoner for hver klasse basert på et midlere anslag av levetid. Midlere anslag beregnes i programmet.



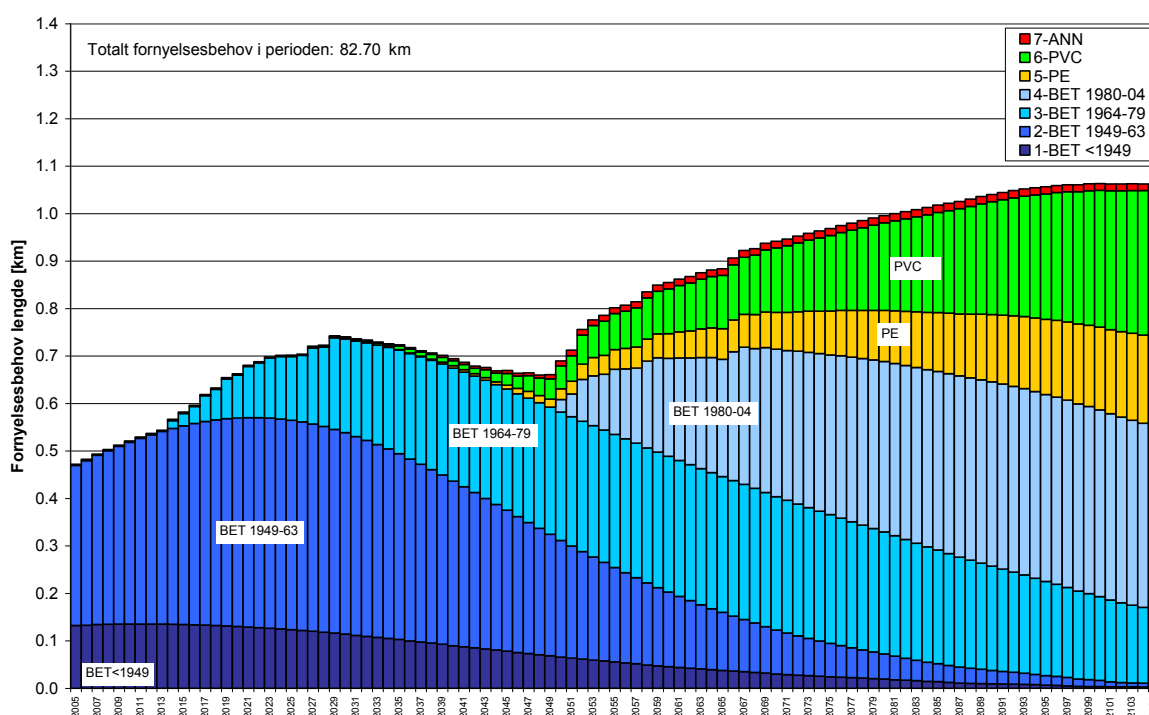
Figur 65. Illustrasjon overlevelsesfunksjoner for ulike klasser/grupper avløpsledninger - midlere anslag for levetid

Prognoser for levetid, rehabiliteringsbehov og tilhørende kostnader har en usikkerhet knyttet til seg. Denne usikkerheten reduseres i LTP/KANEW ved at man antar to mulige levetidsfunksjoner, en pessimistisk (dvs. kort levetid) og en optimistisk (dvs. lang levetid). Dermed får man en pessimistisk og en optimistisk vurdering av levetiden, et slags "utfallsrom"/"vindu". Mellom disse ytterpunktene (ikke nødvendigvis midt mellom) ligger den mest sannsynlige levetidsprognosen. Det er denne prognosen som brukes i videre analyser.

## Resultater

Når man har produsert en tabell med ledningsgrupper og levetidsfunksjoner for disse ledningene, kan man lage en framtidig prognose over rehabiliteringsbehov og behov for økonomisk investering. Dette lar seg lettest gjøre ved å anvende programmet LTP (*Long Term Planning*)/KANEW. Disse programmene analyserer nødvendig investeringsnivå i de kommende tiårene og hvordan dette påvirkes av mulige rehabiliterings strategier.

Figur 66 illustrerer fremtidig fornyelsesbehov akkumulert for de ulike ledningsgrupper. Analysene viser en jevn økning i rehabiliteringsbehovet (målt som km/år) i de neste 20-30 år. I eksempelet er det særlig gruppene Bet 2 og Bet 3 som vil bidra mye til det økende rehabiliteringsbehovet. Figuren kan også presenteres som nødvendig ledningsfornyelse målt som % fornyelse per år. Resultatene representerer den ledningslengden man bør fornye for å hindre at man skyver "et fjell av fornyelsesbehov" foran seg. Hvis man ikke fornyer i henhold til det foreslåtte rehabiliteringsbehovet, vil det nok bety at behovet for fornyelse i framtiden vil øke.



Figur 66. Illustrasjon årlig fornyelsesbehov for avløpsledninger i en norsk kommune - midlere levetidsforventning

Basert på kostnadstall for ulike fornyelses metoder kan også tilhørende investeringskostnader beregnes.

## Vedlegg B:

### Beskrivelse av metode for analyse av hydraulisk leveringssikkerhet på vannledningsnett – REL

I dette kapitlet beskrives metoden for analyse av hydraulisk leveringssikkerhet av vannledningsnett basert på REL-verktøyet som beregner de hydrauliske konsekvensene av et brudd (hydraulisk leveringssikkerhet).

#### Beregningsmetode i Relnet/Epanet ReL

Som et mål på hydraulisk leveringssikkerhet beregnes vannmengde som ikke blir levert som følge av svikt på ledninger. Dette gjøres systematisk for alle ledningene på nettet. Hver enkelt ledning får tilordnet en verdi for "Hydraulic Criticality Indeks" (HCI), som er et tall mellom 0 og 1. Et høyt tall angir store konsekvenser ved svikt i den aktuelle ledning, mens en lav verdi angir små konsekvenser ved eventuell svikt av ledning (% ikke levert vann). En ledning med HCI lik 0,1 vil følgelig medføre 10 % bortfall av samlet vannforbruk dersom den aktuelle ledningen svikter.

Levert vannmengde ( $Q_{new}$ ) i alle noder på nettet beregnes ved svikt i hver enkelt ledning ved hjelp av følgende ligning:

$$\begin{aligned} Q_{new} &= 0 && ; \text{ for } H_{new} < 15 \\ Q_{new} &= Q_{act} \cdot \frac{\sqrt{H_{new}}}{\sqrt{H_{act}}} && ; \text{ for } 15 < H_{new} < 25 \quad \text{Ligning 1} \\ Q_{new} &= Q_{act} && ; \text{ for } H_{new} \geq 25 \end{aligned}$$

hvor  $Q_{act}$  er ønsket vannmengde levert,  $H_{new}$  er beregnet trykk i noden og  $H_{act}$  er krav til trykk for full levering (25 m).

Ved å summere vannmengdene for alle noder i nettet, får en et mål for de samlede konsekvenser ved svikt for hver enkelt ledning. Dette gjøres ved å benytte følgende ligning:

$$HCI = \frac{Q_{total} - \sum(Q_{new})}{Q_{total}} \quad \text{Ligning 2}$$

Hydraulisk kritisk indeks (HCI) er altså definert som *ikke-levert vann/totalt uttak* og har bidrag både fra noder med redusert vannuttak og helt bortfall av vann. I beregningene settes det krav til minimumstrykk for levering av vann og påkrevd trykk for full levering av vann. I disse beregningene har vi brukt 15 m som minimumstrykk og 25 m som påkrevd trykk for full levering.

#### Eksempel:

En viktig ledning i et ledningsnett faller ut, og trykket faller nok i omkringliggende områder til at den totale vannmengden som forsyner hele ledningsnett reduseres fra 2000 l/s til 1400 l/s.  $Q_{Total}$  blir da 2000 l/s og  $Q_{New}$  blir 1400 l/s.

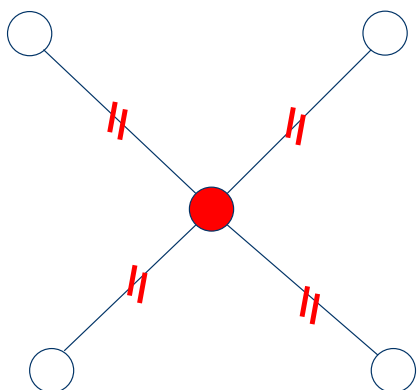
Ligning 2 vil da beregne HCI til å bli 0,3, noe som betyr at den leverte vannmengden som leveres i ledningsnett blir redusert med 30 % ved bortfall av denne ledningen.

$$HCI = (2000 \text{ l/s} - 1400 \text{ l/s}) / (2000 \text{ l/s}) = 0,3$$

### Metode for identifisering av sårbare punkter

For identifisering av sårbare punkter (kummer) har en videreutviklet REL-programmet til også å inkludere bortfall av noder (dvs. kummer). Ulike ledninger kan være tilkoblet i en enkelt kum. Ved svikt i en slik kum vil følgelig flere ledninger ikke få levert via denne kummen.

Dette gjøres ved å gå systematisk i gjennom hele nettet og for hver node stenge alle tilstøtende ledninger og gjennomføre hydrauliske beregninger for hver hendelse. Dette er vist i figur 67. De nodene (kummene) som medfører størst konsekvenser er følgelig de mest sårbare punktene i nettet.



Figur 67. Illustrasjon metode for identifisering av sårbare punkter (kummer).  
Konsekvenser for tilhørende ledninger

Programmene analyserer hver enkelt lednings innvirkning på hele nettets hydrauliske pålitelighet ved bruk av indeksen HCI (*Hydraulic Criticality Index*, Hydraulisk kritikalitetsindeks). Metoden går ut på at hele ledningsnettets trykk og vannforbruk først beregnes for normal situasjon. Så tas en ledning ut av drift og hele ledningsnettets trykk og vanntilførsel beregnes om igjen. En slik prosess utføres for alle ledningene i ledningsnettets. At ledningen tas ut av drift kan representere ledningsbrudd, reparasjon eller annen kritisk situasjon som gjør at ledningen ikke kan føre vann. Resultatene kan brukes til å finne ledninger i hele ledningsnettets som mister trykket ved et eventuelt spesifikt ledningsbrudd og hvor mye vanntilførsel ledningsnettets mister ved et spesifikt ledningsbrudd. Hvis man finner at det er kritiske ledninger som mister trykket ved et spesielt ledningsbrudd i nettet, bør denne ledningen prioriteres for fornyelse.

En høyere verdi av HCI, som måles fra 0 til 1, betyr at ledningen har en høyere innvirkning på ledningsnettets hydrauliske pålitelighet. Hvis HCI = 1 er den målte vanntilførselen i alle noder lik 0. Hvis HCI = 0 er den målte vanntilførselen i alle noder lik ledningsnettets normale vannforbruk. Ledninger som får høy HCI i analysen bør prioriteres for fornyelse for å hindre at de går til brudd og i så måte påvirker hele ledningsnettets leveringssikkerhet.

## Vedlegg C: Detaljerte modeller for tilstandsvurdering

### C1: Metode/modell for modellering av brudd på vannledninger

I det følgende beskrives en mer avansert metode for modellering av brudd på vannledninger. Programmet beregner sannsynligheten for at hver enkelt ledning vil få brudd basert på informasjon om tidligere brudd og ledningenes egenskaper.

#### Kort om statistisk modellering av ledningsbrudd

Analysen som beskrives her er gjort med programvaren "Casses". Programvaren er utviklet av Cemagref i Frankrike, samme institusjon som utviklet PHM i forbindelse med CARE-W-prosjektet. Casses. Det statistiske navnet er Linear Extended Yule Process, eller LEYP. LEYP er en såkalt telleprosess hvor effekten av tidligere brudd beskrives av parameteren alpha. Dersom alpha er null, har tidligere feil ingen effekt. Jo høyere alfa-verdi, jo høyere er betydningen av feil. Delta-verdien beskriver aldring. Dersom denne er 1 er det ingen aldringseffekt som observeres. Formelen for prediksjon av brudd-sannsynlighet er slik:

$$\text{Formel 1} \quad P = (1 + \alpha j) \delta^{(s-1)} \exp(Z^T \beta)$$

$\alpha$  = koeffisient for foregående feil ( $\alpha = 0$  for ingen effekt)

$\delta$  = koeffisient for aldring ( $\delta = 1$  for ingen aldring)

$\beta$  = generalisert lineær regresjonskoeffisient (for kovariansene som er valgt)

I statistisk modellering av ledningsbrudd ønsker man å finne statistisk korrelasjon mellom ulike egenskaper for en ledning, og feil (brudd), slik at sannsynligheten for framtidige brudd kan estimeres. Dette forutsetter at data fins tilgjengelig på ledningsnivå, både egenskapsdata og feildata. Inngangsdata organiseres typisk i to tekstfiler, en som inneholder data om egenskapene til segmenter/ledninger, og en som inneholder data om feil. Eksempel på format for inngangsdata er vist tabell 15 og tabell 16.

Tabell 15. Eksempel på inngangsdatafil med egenskaper for ledninger (.sdf)

Lednings-ID	Lengde (m)	Diameter (mm)	Materiale	Leggeår
14074	20,55	160	PVC	1981
167753	29,6	100	SJ	1968
169579	28,9	25	MCU	1968
...	...	...	...	...

Data som vist i **Feil! Fant ikke referanse kilden.** eksporteres fra GeminiVA. I inngangsdatafila for ledningenes egenskaper kan man legge inn alle slags data som man har mistanke om at kan ha betydning for ledningsbrudd, men legg merke til at all informasjonen som benyttes må foreligge på ledningsnivå. Eksempler kan være trykk, grunnforhold, omfyllingsmasser, om ledningen ligger under vei eller ikke.

Tabell 16. Eksempel på inngangsdatafil med brudddata (.mdf)

Lednings-ID	Bruddato
177233	06/09/1995
177220	18/05/2004
177212	17/09/1996
177203	20/06/1998
177203	05/01/1995
177123	20/09/1999
177123	07/06/1988

Renoverte ledninger er også svært viktig for en slik analyse, selv om slike ledninger nå er nedlagt (dvs. at ledningen med sine opprinnelige egenskaper ikke lenger er i drift i nettet). Grunnen til at informasjon om renoverte ledninger er viktig, er at det fortsatt fins ledninger i drift i nettet med de samme opprinnelige egenskapene til den renoverte ledningen (for eksempel kan livsløpet til støpejernsledninger som er renoverte si noe om forventet levetid for tilsvarende støpejernsledninger som fortsatt er i drift). Livet til ledningen som ble renoveret er derfor viktig statistisk materiale for å beregne sannsynlig liv for ledninger med tilsvarende egenskaper som fortsatt er i drift.

### Resultater for individuelle ledninger

Resultatet for individuelle ledninger er på formen vist i tabell 17.

Tabell 17. Format på resultater fra Casses

SID	PBN	MPBR
2284	0,074	1,134
2296	0,015	0,226
2319	0,022	0,253
2332	0,014	0,239
2351	0,01	0,616
2400	0,01	0,549
2401	0,014	0,214
2427	0,011	0,253
2429	0,011	0,286

SID: Lednings ID

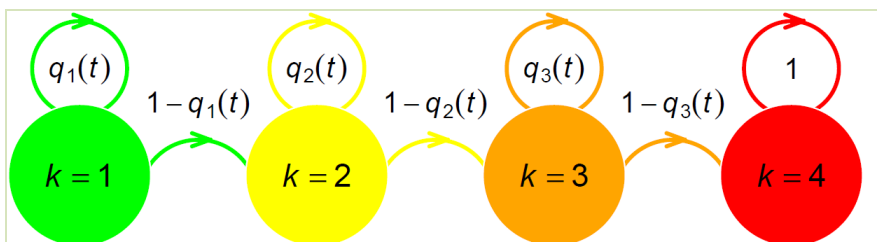
PBN: Predicted Break Number (beregnet antall brudd for ledningen for perioden prediksjonen gjelder)

MPBR: Mean Predicted Break Rate (gjennomsnittlig beregnet bruddrate for perioden prediksjonen gjelder – brudd per km per år)

## C2: Statistisk modellering av tilstandsutvikling på avløpsledninger

I det følgende beskrives en statistisk modell (GompitZ) for tilstandsutvikling av avløpsledninger. Modellen er i utgangspunktet generisk og kan også benyttes på kummer dersom en har tilstandsdata for disse på samme måte som for avløpsledninger. GompitZ er en videreutvikling av tilstandsmodellen fra EU prosjektet CARE-S.

GompitZ modellen er en såkalt non homogeneous Markov kjede hvor "hoppehastigheten" fra en tilstandsklasse til en annen modelleres. I figuren under er dette vist for et tilfelle hvor det bare er 4 tilstandsklasser. I Norge har en 5 tilstandsklasser for klassifisering av avløpsledninger.



Med utgangspunkt i rørinspeksjonsdata beregnes fremtidig tilstandsklasse for hver enkelt avløpsledning. Modellen tar utgangspunkt egenskapsdata (leggeår, materiale, diameter etc.) og rørinspeksjonsdata for hver enkelt og basert på statistisk modell finnes sammenhenger i data som kan benyttes til å lage prognoser for hver enkelt ledning. Resultatene kan brukes både for ledninger som har rørinspeksjoner og for ledninger hvor en ikke har rørinspeksjonsdata. Resultatene fra arbeidet kan benyttes i forbindelse med hovedplan og saneringsplan (strategisk og taktisk planlegging).

I prosjektet har en etablert en statistisk modell som godt beskriver nedbrytingen av avløpsledninger. Modellen tar hensyn til ulike forklaringsvariable. Basert på modellen er det utarbeidet prognoser for hvordan den fremtidige tilstandsutviklingen på avløpsnettet i Oslo vil bli. Ulike scenarioer for rehabilitering av avløpsnettet kan simuleres for å si noe om hvordan tilstanden for hver ledning og samlet vil bli i årene fremover:

- "Do nothing" scenario. Oversikt over hvordan tilstanden for hver ledning og samlet vil bli i årene fremover dersom en ikke gjør noe fornyelse
- Utskifting basert på en gitt årlig lengde (km) fornyelse
- Utskifting basert på økonomisk ramme (budsjett). Programmet identifiserer ledningene som fremover vil ha mest bruk for pengene
- En "optimal utskifting" hvor utskiftingstakten bestemmes ut fra krav om minimum tilstand på avløpsnettet ved slutten av planperioden (for eksempel maksimalt 10 % skal være i tilstandsklasse 4 og 5 i år 2020 - eksempel vist i figur 30).

Modellen trenger informasjon om ID, rørmateriale, anleggsår, lengde ledning, rørdimensjon og i tillegg informasjon om tilstandsklasser og tidspunkt for disse (ID, tilstandsklasse og år rørinspeksjonen ble utført). I tillegg kan ulike andre faktorer som påvirker tilstandsutviklingen til avløpsledninger inkluderes. Dette kan for eksempel være nærhet til trær, grunnforhold, omfyllingsmasser, avløpstype (AF, SP, OV). Modellen vil selv finne ut hvilke av variablene som har betydning for tilstandsutviklingen. Eksempel på forklaringsvariable og tilhørende parametere som er beregnet i Oslo er vist i figur 68.

GompitZ v2.07 - Calibration results

\*\*\* Stratum Betong \*\*\*

1103 (total weight = 1103.00) pipelines described in this stratum

1103 (total weight = 1103.00) inspections reported:

269 (total weight = 269.00) of which in condition 1

519 (total weight = 519.00) of which in condition 2

221 (total weight = 221.00) of which in condition 3

94 (total weight = 94.00) of which in condition 4

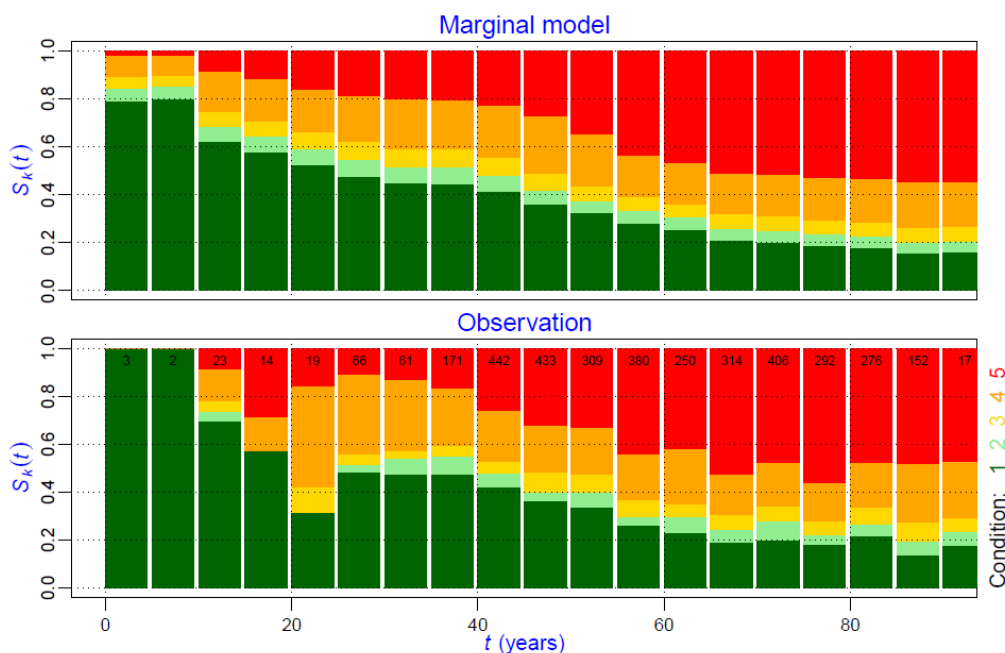
Convergence achieved in 72 iterations

Log-Likelihood = -1274.705592

Parameter estimates and Wald Chi2 tests

Label	Estimate	Std. Error	DF	Chi2	Pr>Chi2
Alpha(1) (vs 0)	1.0848e+00	2.2854e-01	1	2.2530e+01	0.000002
Alpha(2) (vs Alpha(1))	-3.0746e+00	3.3685e-01	1	1.5733e+02	0.000000
Alpha(3) (vs Alpha(2))	-4.8956e+00	5.0273e-01	1	6.2022e+01	0.000000
l1946_1969 (vs 0)	+6.1341e-01	1.0842e-01	1	3.2009e+01	0.000000
T (vs 0)	-3.1993e+00	2.3969e-01	1	1.7817e+02	0.000000
T*diam (vs 0)	-2.3970e-03	6.4783e-04	1	1.3690e+01	0.000216
T*effl_af (vs 0)	+3.0466e-01	1.7606e-01	1	2.9944e+00	0.083551
T*trees (vs 0)	+2.3683e-01	9.2211e-02	1	6.5965e+00	0.010218
T*soilmarin (vs 0)	-2.4608e-01	9.2471e-02	1	7.0817e+00	0.007787
T*soildetrit (vs 0)	-2.8599e-01	1.1140e-01	1	6.5907e+00	0.010251
T*soilfill (vs 0)	-5.2899e-01	1.2675e-01	1	1.7419e+01	0.000030
Sigma (vs 0)	+5.5620e-01	9.3326e-02	1	3.5518e+01	0.000000

Figur 68. Eksempel på parametere som er beregnet for avløpsnett i Oslo



Figur 69. Sammenligning av observerte tilstandsklasser og modellerte tilstandsklasser

## Vedlegg D:

### Eksempel prioritering av vannledninger for fornyelse basert på bruddstatistikk

Basert data registrert i databasen for ledningskartverket, har kommunen laget en enkel metode for å klassifisere ledninger som har behov for fornyelse. Bare bruddfrekvens og anleggsperiode/alders inngår. Andre kriterier bør med fordel benyttes i tillegg.

For eksempel kunne anleggsperiode vært brukt til å skille ut spesielt dårlige perioder (f.eks. etterkrigstiden) og ikke bare en lineær funksjon av alder på ledning hvor de eldste ledningene er dårligst.

Tabell 18. Eksempel tabell for prioritering av vannledninger for fornyelse

Rangering av vannledninger basert på antall brudd og alder (Bærum)											
Bruddfrekvens: antall brudd* 100m/lengde ledning				Vekting Alder:				Prioritering:			
				0-1919=6				Sum vekt			
				1920-1949=5				0-2			
				1950-1955=4				2,1-3			
				1956-1966=3				3,1-4			
				1967-1975=2				4,1-5			
				1976-2010=1				5,1			
Vekting: 70% på bruddfrekvens og 30 % på alder								Prioritering			
								5			
								4			
								3			
								2			
								1			
SID	Tema	Matr	Lengde	År	Vekt alder	Dim	Antall brudd	Bruddfrekvens	Sum vekt	Prioritering	
36420	VL	SJG	42,26	1910	6	150	2	4,7	5,1	1	
33219	VL	SJG	25,64	1915	6	150	3	11,7	10,0	1	
39316	VL	SJG	11,81	1920	5	150	1	8,5	7,4	1	
31376	VL	SJG	12,37	1920	5	175	1	8,1	7,2	1	
32110	VL	SJG	14,77	1925	5	150	2	13,5	11,0	1	
147528	VL	SJG	10,3	1926	5	200	2	19,4	15,1	1	
45161	VL	SJG	39,5	1965	3	150	2	5,1	4,4	2	
45035	VL	SJG	41,62	1928	5	300	1	2,4	3,2	3	
49338	VL	SJG	104,68	1915	6	200	1	1,0	2,5	4	
29377	VL	SJG	104,98	2008	1	350	1	1,0	1,0	5	

# Utgitte Norsk Vann Rapporter

(Tidligere kalt NORVAR-rapporter)

20. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Sluttrapport
- 20a. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Aerob og anaerob behandling
- 20b. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Kalking. Kompostering
- 20c. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Slamavvanning
- 20d. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Termisk behandling av kloakkslam
21. NORVAR's årsberetning 1991
22. EDB i VAR-teknikken. Fase 1 - kravspesifikasjoner m.m. Status-beskrivelse og forslag til videre arbeid (*Utgått*)
- 23a. Internkontroll for VA-anlegg. Mal for internkontroll-håndbok for VA-anlegg.
- 23b. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for avløpsanlegg. Eksempel fra Fredrikstad og omegn avløpsanlegg
- 23c. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for vannverk. Eksempel fra Vansjø vannverk
- 23d. Aktivitetsstyring håndbok for VA-anlegg. Informasjon, avvik og tiltak, verne- og sikkerhetsarbeid, opplæring
- 23e. Aktivitetsstyring håndbok for VA-anlegg. HMS ved vannbehandlingsanlegg
- 23f. Aktivitetsstyring håndbok for VA-anlegg. HMS ved avløpsrenseanlegg
- 23g. Interkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks Oltedalen kloakkrenseanlegg
- 23h. Internkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks Smøla vannverk
- 23i. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontroll for VA-transportsystemet. Eksempel fra Nedre Eiker kommune
24. NRV-prosjekt. Korrosjonskontroll ved vannbehandling med mikronisert marmor
25. Mal for prosessoppfølging av anlegg for stabilisering og hygienisering av slam
26. Installasjon av gassmotor for strømproduksjon ved renseanlegg
27. Mottak og behandling av avvannet råslam ved renseanlegg som hygieniserer og stabiliserer slam i væskeform
28. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt
29. Regnvannsoverløp
30. Utvikling og uttesting av datasystem for informasjonsflyt i VA-sektoren (*Utgått*)
31. PRO-VA, Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. Oversikt pr.1993. Leverandører, produkter, konsulenter (*Utgått*)
32. Bruk av statiske metoder (kjemometri) for å finne sammenhenger i analyseresultater for avløpsvann
33. Evaluering av enkle rensemetoder. Slamavskillere
34. Evaluering av enkle rensemetoder. Siler/finnister
35. Kravspesifikasjon og kontrollprogram for VA-kjemikalier (*Utgått*)
36. Filter som hygienisk barriere
37. EU/EØS, konsekvenser for Norges vannforsyning
38. NORVAR-prosjekter 1992/93 (*Utgått*)
39. Implementering av EDB-basert vedlikeholdssystem. Erfaringer fra referanseprosjekt knyttet til pilot-prosjekt ved Bekkelaget renseanlegg (*Utgått*)
40. Driftsassistanser for avløp. Utredning om rolle og funksjon fremover
41. Metri-tel. Kommunikationsmedium for VA-installasjoner. Erfaringer fra prøveprosjekt i Sandefjord kommune (*Utgått*)
42. Industriavløp til kommunalt nett. Evaluering av utførte industrikartleggingsprosjekt.
43. Korrosjonskontroll ved Hamar vannverk
44. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. Vekstsesongen 1994
45. Forsøk med forfelling og felling i 2 trinn med polyaluminiumklorid høsten 1993 Kartlegging av slam- slamvannsstrømmer med og uten forfelling 1993-94
46. Renovering av avløpsledninger. Retningslinjer for dokumentasjon og kvalitetskontroll
47. Strategidokument for industrikontroll
48. NORVAR og miljøteknologi. Forprosjekt
49. Grunnundersøkelser for infiltrasjon - små avløpsanlegg. Forundersøkelse, områdebefaring og detaljundersøkelse ved planlegging og separate avløpsanlegg (*Erstattet av 178/10*)
50. Rørinspeksjon i avløpsledninger. Rapporteringshåndbok (*Erstattet av 145/05*)
51. Slambehandling
52. Bruk av slam i jordbruket
53. Bruk av slam på grøntarealer
54. Rørinspeksjon av avløpsledninger. Veileder (*Erstattet av 145/05*)
55. Vannbehandling og innvendig korrosjonskontroll i vannledninger
56. Vannforsyning til næringsmiddelindustrien. Krav til kvalitet. Vannverkens erstatningsansvar ved svikt i vannleveransen
57. Trykkreduksjon. Håndbok og veileder
58. Karbonatisering på alkaliske filter
59. Veileder ved utarbeidelse av prosessgarantier
60. Avløp fra bilvaskeanlegg til kommunalt renseanlegg
61. Veileder i planlegging av fornyelse av vannledningsnett
62. Veileder i planlegging av spyling og pluggkjøring av vannledningsnett
63. Mal for godkjenning av vannverk
64. Driftserfaringer fra anlegg for stabilisering og hygienisering av slam i Norge
65. Forslag til veileder for fettavskillere til kommunalt avløpsnett
66. EØS-regelverket brukt på anskaffelser i VA-sektoren
67. Filter som hygienisk barriere - fase 3
68. Korrosjonskontroll ved Stange vannverk
69. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Siler/finnister
70. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Store slamavskillere samt underlag for veileder
71. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 3. Veileder for valg av rensemetode ved utslipp til gode sjøresipienter
72. Utviklingstrekk og utfordringer innen VA-teknikken. Sammenstilling av resultatet fra arbeidet i NORVARs gruppe for langtidsplanlegging i VA-sektoren
73. Etablering av NORVARs VA-infotorg. Bruk av internett som kommunikasjonsverktøy (*Utgått*)
74. Informasjon fra NORVARs faggruppe for EDB og IT. Spesialrapport - 5. Utgave Beskrivelse av 34 EDB-programmer/Moduler for bruk i VA-teknikken (*Erstattet av 133/03*)
75. NORVARs faggruppe for EDB og IT. IT-strategi i VA-sektoren. (*Erstattet av 133/03*)
76. Dataflyt-klassifisering av avløpsledninger. (*Erstattet av 150/07*)
77. Alternative områder for bruk av slam utenom jordbruket. Forprosjekt
78. Alternative behandlingsmetoder for fettslam fra fettavskillere
79. Informasjonssystem fordrikkevann, forprosjekt
80. Sjekklister/veiledninger for prosjektering og utførelse av VA-hoved og stikkledninger - sanitærinstallasjoner
81. Veileder. Kontrahering av VA-tekniske prosessanlegg i totalentreprise
82. Veileder for prøvetaking av avløpsvann
83. Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering (*Erstattet av 145/05*)
84. Forfall og fornyelse av ledningsnett
85. Effektiv partikkelseparasjon innen avløpsteknikken
86. Behandling og disponering av vannverksslam. Forprosjekt
87. Kalsiumkarbonatfiltere for korrosjonskontroll. Utprøving av forskjellige marmormasser
88. Vannglass som korrosjonsinhibitor. Resultater fra pilotforsøk i Orkdal kommune
89. VA-ledningsanlegg etter revidert plan- og bygningslov
90. Actiflo-prosjektet ved Flesland ra
91. Vurdering av "slamfabrikk" for Østfold
92. Informasjon om VA-sektoren - forprosjekt
93. Videreutvikling av NORVAR. Resultatet av strategisk prosess 1997/98
94. Nettverksamarbeid mellom NORVAR, driftsassistanser og kommuner
95. Veileder for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken (*Erstattet av 192/12*)
96. Rist- og silgods - karakterisering, behandlings- og disponeringsløsninger
97. Slamforbrønning (VA-forsk 1999-11). (Samarbeidsprosjekt med VAV)
98. Kvalitetssystemer for VA-ledninger. Mal for prosessen for å komme fram til kvalitetssystem som tilfredsstillr kravene i revidert plan- og bygningslov
99. Veiledning i dokumentasjon av utslipp
100. Kvalitet, service og pris på kommunale vann- og avløpstjenester
101. Status og strategi for VA-opplæringen
102. Oppsummering av resultater og erfaringer fra forsøk og drift av nitrogenfjerning ved norske avløpsrenseanlegg
103. Returstrømmer i renseanlegg. Karakterisering og håndtering
104. Nordisk konferanse om nitrogenfjerning og biologisk fosforfjerning 1999
105. Sjekklister plan- og byggeprosess for silanlegg
106. Effektiv bruk av driftsinformasjon på renseanlegg/mal for rapportering
107. Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Teknisk veiledning. Foreløpig utgave

108. Data for dokumentasjon av VA-sektorens infrastruktur og resultater
  109. Resultatindikatorer som styringsverktøy for VA-ledelsen
  110. Veileder i konkurranseutsetting. Avtaler for drift og vedlikehold av VA-anlegg
  111. Eksempel på driftsinstruks for silanlegg. Cap Clara i Molde kommune
  112. Erfaringer med nye renseløsninger for mindre utslipp
  113. Nødvendig kompetanse for drift av avløpsrensaneanlegg. Læreplan for driftsoperatør avløp
  114. Nødvendig kompetanse for drift av vannbehandlingsanlegg. Læreplan for driftsoperatør vann
  115. Pumping av avløpslam. Pumpetyper, erfaringer og tikk
  116. Scenarier for VA-sektoren år 2010
  117. VA-juss. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (*Erstattet av 134/03*)
  118. Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR- teknikk (*Erstattet av 138/04*)
  119. Omstruktureringer i VA-sektoren i Norge En kartlegging og sammenstilling
  120. Strategi for norske vann- og avløpsverk. Rapport fra strategiprosess 2000/2001
  121. Kjøkkenavfallsvernere for håndtering av matavfall. Erfaringer og vurderinger
  122. Prosessen ved utarbeidelse av miljømål for vannforekomster. Erfaringer og råd fra noen kommuner
  123. Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Veiledning for utarbeidelse av lokale forskrifter
  124. Nødvendig kompetanse for legging av VA-ledninger. Læreplan for ADK 1
  125. Mal for forenklet VA-norm
  126. Organisering og effektivisering av VA-sektoren. En mulighetsstudie
  127. Vassdragsforbund for Mjøsa og tilløpselvene - en samarbeidsmodell
  128. Bruk av resultatindikatorer og benchmarking i effektivitetsmåling av kommunale VA-virksomheter. Erfaringer og anbefalinger fra et prøveprosjekt
  129. Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering hovedledninger
  130. Gjenanskaffelseskostnadene for norske VA-anlegg
  131. Effektivisering av avløpssektoren
  132. Forslag til nytt system for prosjektvirksomheten i NORVAR
  133. IT-strategi for VA-sektoren. Veiledning
  134. VA-JUS. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (*Oppdateres årlig på [www.norskvann.no](http://www.norskvann.no)*)
  135. Vannledningsrør i Norge. Historisk utvikling. 26 dimensjonstabeller
  136. Hygienisk barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?
  137. Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng (*erstattet av 181/2011*)
  138. Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR-teknikk. Revidert utgave
  139. Erfaringer med klorering og UV-stråling av drikkevann
  140. NORVARs videre arbeid med slam. Strategisk plan for prosjektvirksomhet, informasjon og kommunikasjon. Forprosjekt
  141. Trenger Norge en VA-lov? Drøfting av behovet for en egen sektorlov for vann og avløp
  142. NORVARs benchmarkingsprosjekt 2004 Presentasjon av målesystem og resultater for 2003 ed analyse av datamaterialet
  143. Kartlegging av mulig helserisiko for abonnenter berørt av trykkløs vannledning ved arbeid på ledningsnett
  144. Veiledning i overvannshåndtering (*Erstattet av 162/08*)
  145. Inspeksjonsmanual for avløpsystemer. Del 1 – Ledninger
  146. Bærekraftig vedlikehold. Betraktninger av utvalgte problemstillinger knyttet til langsiktig forvaltning av vannledningsnett
  147. Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann
  148. Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsprogrammer for drikkevann
  149. Tilførsel av industrielt avløpsvann til kommunalt nett. Veiledning
  150. Dataflyt – Klassifisering av avløpsledninger
  151. Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)
  152. Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren
  153. Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren
  154. Norm for tagkoding i VA-anlegg
  155. Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren
  156. Veiledning for oljeutskilleranlegg
  157. Organiske miljøgifter i norsk avløpslam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07
  158. Termoplastrør i Norge – før og nå
  159. Håndbok i kildesporing i avløpsystemet
  160. Driftserfaringer med membranfiltrering
  161. Helsemessig sikkert vannledningsnett
  162. Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering
  163. Veiledning for innhenting og evaluering av tilbud på analyseoppdrag
  164. Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann
  165. Innsamlingsverktøy for vedlikeholdsdata
  166. Tiltak for å bedre fosforfjerningen på kjemiske rensaneanlegg
  167. Veiledning for kjøp av VA-kjemikalier
  168. Veiledning for dimensjonering av avløpsrensaneanlegg
  169. Optimal desinfeksjonspraksis fase 2
  170. Veileder til god desinfeksjonspraksis
  171. Erfaringer med lekkasjekontroll
  172. Trykktap i avløpsnett
  173. Veiledning for bruk av støpejernsrør
  174. Hygienisering av avløpslam. Langtidslagring og enkel rankekompostering. Resultater fra 3 års valideringstesting
  175. Vann og avløp for nye i bransjen – læreplan E-læring og samlinger
  176. Statlige gebyrer og avgifter på de kommunale VAR-tjenestene
  177. Drikkevannskvalitet og kommende utfordringer – problemoversikt og status
  178. Grunnundersøkelser for infiltrasjon – mindre avløpsanlegg
  179. Veiledning i utarbeidelse av kommunale gebyrforskrifter for vann og avløp
  180. Fjernavlesning av vannmålere
  181. Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng
  182. Prøvetaking av avløpsvann og slam
  183. Veiledning om regulering av VA-tjenester til næringsmiddelindustri
  184. Tilsyn med utslipp fra avløpsanlegg innen kommunens myndighetsområde
  185. Fett i avløpsnett. Kartlegging og tiltaksforslag
  186. Veiledning i omorganisering av andelsvannverk til samvirkeforetak
  187. Kommunal overtakelse av vannverk organisert som andelslag eller samvirkeforetak
  188. Veiledning for drift av koaguleringsanlegg
  189. Håndbok for driftsoptimalisering av koaguleringsanlegg
  190. Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer
  191. Rettigheter til uttak av vann til allmenn vannforsyning
  192. Veiledning for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken
  193. Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem
  194. Energiriktig design og prosjektering av avløpsrensaneanlegg
  195. Sikkerhet og sårbarhet i driftskontrollsystemer for VA-anlegg
  196. Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transportsystemer
- Rapportserie B:
- B1: Effektive VA-organisasjoner og tilfredse brukere. Forprosjekt
  - B2: PressurePuls for deteksjon av lekkasje på vannledninger.
  - B3: Kvalitetsheving av nye VA-ledningsanlegg. Kartlegging og tiltaksforslag
  - B4: Vannkvalitet i ledningsnett – Problemoversikt og status. Forprosjekt.
  - B5: Utslipp fra bilvaskehaller
  - B6: Kommunikasjonsstrategi for NORVAR og norske vann og avløpsverk
  - B7: Sandnesmodellen. Eksempel på system for kommunikasjon og virksomhetsstyring
  - B8: Forprosjekt energinettverk i VA-sektoren
  - B9: Utvikling av et system for spørreundersøkelser blant VA-kundene
  - B10: Vannkilden som hygienisk barriere
  - B11: Økonomiske forhold i interkommunalt VA-samarbeid – praksis og kjøreregler
  - B12: Drikkevann i media
  - B13: Silslam – mengder, behandlingsløsninger og bruksområder. Forprosjekt.
  - B14: Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren - forprosjekt
  - B15: Vannforskriftens økonomiske konsekvenser for kommunesektoren og avløpsanleggene
  - B16: Veiledning for kartlegging av energibruk VA-sektoren
  - B17: Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren
- Rapportserie C:
- C1: Sårbarhet i vannforsyningen
  - C2: Stoff for stoff – kilde for kilde. Kvikksølv i avløpsnettet
  - C3: Samarbeid om økt bruk av avløpslam på grøntarealer
  - C4: Effekter av bruk av matavfallsvernere på ledningsnett, rensaneanlegg og avfallsbehandling
  - C5: Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen - veiledning
  - C6: I veien for hverandre - Samordning av rør og kabler i veigrunnen
  - C7: Forvaltningspraksis ved norsk damsikkerhet
- De mest aktuelle rapportene ligger som PDF-filer på [www.norskvann.no](http://www.norskvann.no)**



- Norsk Vann er en ikke-kommersiell interesseorganisasjon for vann- og avløpssektoren (VA-sektoren). Organisasjonen skal bidra til å oppfylle visjonen om rent vann ved å sikre VA-sektoren funksjonelle rammevilkår og legge til rette for kunnskapsutvikling og kunnskapsdeling.
- Norsk Vann eies av norske kommuner, kommunalt eide VA-selskaper, kommunenes driftsassistanser for VA og noen private andelsvannverk. Norsk Vann representerer ca. 360 kommuner med over 95 % av landets innbyggere. Virksomheten finansieres i hovedsak gjennom kontingenter fra medlemmene.
- Norsk Vann styres av eierne gjennom årsmøtet og av et styre sammensatt av representanter fra eierne.

- I Norsk Vanns prosjektsystem gjennomføres hvert år prosjekter for ca. 8 mill. kroner
- Det er praktiske og aktuelle spørsmål innenfor vann- og avløp som utredes
- Deltakerne foreslår prosjekter, styrer gjennomføringen og får full tilgang til alle resultater



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar  
Tlf: 62 55 30 30 E-post: [post@norsk vann.no](mailto:post@norsk vann.no)  
[www.norsk vann.no](http://www.norsk vann.no)