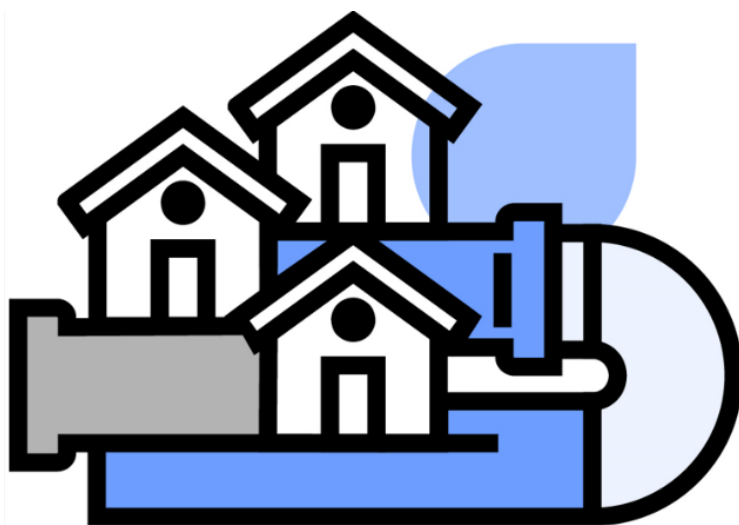


Notat

Veileder for dataforberedelse og bruk av SOVAL (Strategisk Oppgradering av VA-Ledninger) verktøyet utviklet i B for VA-nett prosjektet

FORFATTERE

Stian Bruaset
Ingrid Selseth



B for VA-nett

PROSJEKTNR / SAK NR
102023676

DATO
2024-06-26

GRADERING
Åpen

Innhold

1	Veileder for datahåndtering for bruk av verktøy i B for VA-Nett	3
2	Dataanalyse.....	4
2.1	Beskrivende statistikk	5
2.1.1	Ledningsdata.....	6
2.1.2	Driftshendelser.....	12
3	Bygge modellen steg 1: Inndeling av ledningsnettet i grupper	17
3.1	Dele ledningsnettet i grupper	17
3.1.1	Tips til inndeling av ledningsnett i grupper.....	19
4	Bygge modellen steg 2: etablere en levetidsfunksjon for hver ledningsgruppe	21
4.1.1	Forventet levetid av ledningsgrupper drikkevann og avløp.....	23
5	Kalibrering av levetidsfunksjoner for mer nøyaktige analyser	25
6	Veiledning til bruk av SOVAL programmet	29

1 Veileder for datahåndtering for bruk av verktøy i B for VA-Nett

Denne veilederen skal gi brukeren en forståelse av hvordan data må forberedes og bearbeides for bruk i det nye verktøyet som er utviklet i prosjektet B for VA-Nett, og den skal gi en innføring i hvordan verktøyet skal brukes. Veilederen gir et innblikk i hvordan data som hentes ut fra en ledningsdatabase i kommunene vurderes og forberedes for å kunne kjøre en analyse i SOVAL. Verktøyet har fått navnet SOVAL, som står for Strategisk Oppgradering av VA-ledninger (VA = Vann og Avløp).

For å kjøre en analyse i programmet er det nødvendig å hente ut relevant data fra ledningsdatabase og driftsdatabase i kommunen. Data må vurderes og bearbeides for å kunne bygge en modell som skal brukes i programmet. Når data er bearbeidet kan man bygge en modell ved å gjennomføre to steg, som består av å dele ledningsnett inn i grupper av ledninger og å etablere en levetidsfunksjon for hver enkelt gruppe av ledninger. En levetidsfunksjon gir et estimat av forventet levetid for ledningsgruppen som helhet, dvs. hvor lang tid man forventer at gruppen av ledninger skal kunne fungere godt i drift. Etter at man har gruppene og levetidsfunksjonene kan man importere data inn i programmet for å kjøre analyser. Analysene gir forventet årlig framtidig fornyelse, og eventuelt årlige nødvendige investeringer, hvis man har oppgitt relevante økonomiske data. Det er også mulig å kjøre en rekke andre analyser. Mer om dette senere.

Veilederen er delt inn i følgende tema/steg:

Steg 1: Forberede data

Steg 2: Inndeling av ledningsnett i grupper

Steg 3: Levetidskurver – estimat av forventet levetid for gruppene

Steg 4: Hvordan bruke kalibreringsfunksjon

Steg 5: Hvordan bruke SOVAL programmet

For å dele ledningsnett inn i grupper kan man i første omgang bruke de gruppene som er anbefalt i denne veilederen. Anbefalingene er standardgrupper som er basert på mange års erfaring. Hvis en kommune har gode ledningsdata og driftsdata kan man kjøre en egen analyse for å se om man har egne spesifikke utfordringer lokalt, og dermed dele ledningsnett inn i mer konkrete lokale tilpasninger.

For å estimere levetiden til gruppene kan man i første omgang benytte seg av de standard levetidene som er anbefalt i denne veilederen. Disse er basert blant annet på beregninger utført av nasjonale data¹ og er derfor et godt utgangspunkt. Har man registrert driftsdata over mange år kan man bruke disse for å lage for eksempel bruddstatistikk og/eller tilstopningsstatistikk (kun avløp) for ledningene, som utgangspunkt for å estimere levetid for de ulike gruppene. Dette beskrives nærmere i veilederen.

¹ Bruaset, Stian. 2019. *Long-term sustainable management of the urban water and wastewater pipe networks*. Doktorgradsavhandling NTNU.

2 Dataanalyse

Data hentes ut fra Gemini VA database eller lignende. Man henter ut data over det ledningsnett man ønsker å kjøre en analyse av; vann, avløp eller overvann (avløp og overvann kan eventuelt kjøres sammen).

Hovedkilden for data finnes i tabellene VA_LINE, VA_DIARY, VA_INSPSTA og VA_TCOD i GeminiVA databasen. Tabell 1 viser eksempel på oversikt over alle ledninger hentet ut fra VA_LINE, og Figur 1 viser eksempel på data hentet ut for ulike avløps- og overvannsledninger.

Tabell 1. Typer ledningsnett i tabell VA_LINE

FCODEGROUP	Forklaring	antall	lengde [m]
1	Vann	18412	894 176
2	Spillvann	16654	531 727
3	Avløp	7718	240 841
4	Overvann	15926	450 048
5	Drens	290	9 784
(blank)		6	
Sum		59006	2 126 575

FCODE		antall	lengde [m]
AF	Avløp felles ledning	9515	406 061
AFD	Avløp felles dykkerledning	5	330
AFK	Avløp felles kanal	103	5 705
AFP	Avløp felles pumpeledning	80	12 502
AFT	Avløp felles tunnel	30	10 187
AFX	Avløp felles kopling	2	4
KL	Kanal overløpsledning	33	1 536
OT	Overvann trykk	10	496
OV	Overvannsledning	13344	556 996
OVF	Overvann fordrøyning	6	238

Figur 1. Oversikt over avløps- og overvannsledninger hentet ut fra Gemini VA.

De ulike typer ledninger har følgende kode i Gemini VA_LINE databasen:

Drikkevannsledning: VL
 Avløpsledning fellesavløp: AF
 Avløpsledning spillvann: SP
 Overvannsledning: OV

Ledninger som normalt ikke tas med i en analyse er følgende:

- Korte ledninger (< 1 m)
- Små dimensjoner (< 100 mm)

- Tunneler
- Rørdeler (RDEL)
- Private ledninger (OWNER <> "I, K")
- Ledninger som mangler anleggsår

Noen kommuner velger uansett å ta med noen av disse i analyse, for eksempel korte ledninger (< 1 m).

2.1 Beskrivende statistikk

Det er ikke nødvendig å ta med beskrivende statistikk for å gjennomføre en analyse, men det kan være en fin øvelse for kommuner som på forhånd ikke er så godt kjent med sammensetningen av sitt eget ledningsnett. Beskrivende statistikk er en beskrivelse og oppdeling av kommunens ledningsnett basert på ledningsnettets sammensetning.

Det kan være lurt å lage en oversikt over følgende data:

- Type ledning; beskrivelse, antall, lengde
- Ledningseier; beskrivelse, antall, lengde
- Status ledninger; antall, lengde
- Materialkoder; beskrivelse, antall, lengde, andel, type ledning
- Fordeling av anleggsår for ulike typer ledninger
- Oversikt over nedlagte ledninger
- Oversikt over antall/mengde ledninger nedlagt/fornyset/fjernet per år
- Oversikt over driftshendelser; beskrivelse, antall, hvilken type ledning

En slik statistikk lager man enkelt i excel, gjerne ved bruk av pivot tabeller. Pivot tabeller er en automatisk prosess for å lage tabeller av store mengder data.

MATERIAL		antall	lengde [m]	km	andel	AF	OV	SP
AAS	Asbest-sement	68	2 800	2.8	0.2 %	0.8	0.7	1.2
BET	Betong	22070	958 048	958.0	76.8 %	248.8	438.7	270.5
GUP	Glassfib. arm. ume.	17	3 715	3.7	0.3 %	3.5	0.3	
LER	Leir	427	17 299	17.3	1.4 %	16.2	1.0	0.1
MSK	Korrugert stål	20	669	0.7	0.1 %		0.7	
MST	Stål	8	191	0.2	0.0 %		0.2	
PE		30	3 021	3.0	0.2 %	0.2	0.5	2.3
PE100	Polyet. høy dens	160	12 684	12.7	1.0 %	1.2	3.8	7.7
PE100R		7	5 033	5.0	0.4 %		0.1	4.9
PE50	Polyet. høy dens	134	14 483	14.5	1.2 %	6.6	1.5	6.4
PE80	Polyet. høy dens	39	3 870	3.9	0.3 %	0.5	1.4	2.0
PEH	Polyet. høy dens.	38	6 170	6.2	0.5 %	0.8	0.3	5.1
PEL	Polyet. lav dens.	15	865	0.9	0.1 %	0.5	0.4	
PERC	PE100 RC (Resistance to crack)	2	574	0.6	0.0 %		0.5	0.1
PPP	Polypropylen	130	7 190	7.2	0.6 %	0.6	1.6	4.9
PVC	Polyvinylklorid	3581	157 442	157.4	12.6 %	13.7	57.3	86.5

Figur 2 viser et eksempel på en tabell med oversikt over ulike materialer for ulike typer ledninger.

MATERIAL		antall	lengde [m]	km	andel	AF	OV	SP
AAS	Asbest-sement	68	2 800	2.8	0.2 %	0.8	0.7	1.2
BET	Betong	22070	958 048	958.0	76.8 %	248.8	438.7	270.5
GUP	Glassfib. arm. ume.	17	3 715	3.7	0.3 %	3.5	0.3	
LER	Leir	427	17 299	17.3	1.4 %	16.2	1.0	0.1
MSK	Korrugert stål	20	669	0.7	0.1 %		0.7	
MST	Stål	8	191	0.2	0.0 %		0.2	
PE		30	3 021	3.0	0.2 %	0.2	0.5	2.3
PE100	Polyet. høy dens	160	12 684	12.7	1.0 %	1.2	3.8	7.7
PE100R		7	5 033	5.0	0.4 %		0.1	4.9
PE50	Polyet. høy dens	134	14 483	14.5	1.2 %	6.6	1.5	6.4
PE80	Polyet. høy dens	39	3 870	3.9	0.3 %	0.5	1.4	2.0
PEH	Polyet. høy dens.	38	6 170	6.2	0.5 %	0.8	0.3	5.1
PEL	Polyet. lav dens.	15	865	0.9	0.1 %	0.5	0.4	
PERC	PE100 RC (Resistance to crack)	2	574	0.6	0.0 %		0.5	0.1
PPP	Polypropylen	130	7 190	7.2	0.6 %	0.6	1.6	4.9
PVC	Polyvinylklorid	3581	157 442	157.4	12.6 %	13.7	57.3	86.5

Figur 2. Oversikt over materialkoder/materialer med lengde for ulike typer avløpsledninger (AF = avløp felles, OV = overvann, SP = spillvann)

2.1.1 Ledningsdata

Opplysninger om ledningsdata i Gemini VA-databasen finner man i tabellen VA_LINE, mens kode-definisjoner finner man i tabellen VA_TCOD. Tabell 2 angir de kolonnene som har relevant informasjon om ledningene, og som det kan være relevant å hente ut for en analyse i for eksempel excel.

Tabell 2. Aktuelle kolonner fra tabell VA_LINE

Kolonne-navn	Beskrivelse	Kommentar
LSID	Identifikator (SID)	
FCODE	type ledning	Fcode = VL vannledning, = AF for avløp felles, = SP for spillvann og OV for overvann
FCODEGROUP	type ledningsnett	Fcodegroup = 1 for Vann; Fcodegroup =2 og 3 for Avløp og Fcodegroup = 4 for Overvann
OWNER	Eier	Owner = "K" og "I" (kommunal/interkommunal ledning)
STATUS	ledningens status	Status= "D" i drift; = E, N, F, I eller kombinasjoner av disse for ledninger som ikke er i drift
LENGTH	Ledningslengde	Lengder over 1 m tas med
DATECHANGED	siste endring av ledningsinfo	Databasen mangler opplysning om når en ledning blir tatt ut av drift ('nedlagt år'). Dato for når ledningen sist ble oppdatert i databasen kan brukes som nedlagt år.
MATERIAL	ledningsmateriale	
DIM	ledningsdimensjon	Dimensjon over 99 mm tas med
YEAR	Anleggsår	
RENOVATEMET	renoveringsmetode	Metode for renovering
OLDMATERIAL	gammelt material	Ledningens materiale før renovering
OLDDIM	gammel dimensjon	Ledningens dimensjon før renovering
OLDYEAR	gammelt anleggsår	Ledningens anleggsår før renovering

Innenfor hver type ledningsnett er det forskjellige ledningstyper (Tabell 3).

Tabell 3. Ledningstyper i vannledningsnettet fra tabell VA_LINE

FCODE	Beskrivelse	antall	lengde [m]
SP	Spillvannsledning	2	60
VL	Vannledning	18304	888 561
VLI	Vann inntaksledning	1	56
VLP	Vann pumpeledning	10	952
VLT	Vann tunnel	2	1 931
VLU	Utspyler/spyleledning	20	461
VV	Varerør, vann	73	2 156
Sum		18412	894 176

Normalt vil kun VL tas med i en analyse for drikkevannsledninger. Tunnel, inntaksledning etc. tas normalt ikke med, men det er ikke noe i veien å ta disse med om man ønsker det. Tabell 4 viser den samme oversikten for avløpsledninger.

Tabell 4. Ledningstyper i avløpsnettet fra tabell VA_LINE

FCODE	Beskrivelse	antall	lengde [m]
AF	Avløp fellesledning	7544	230 881
AFK	Avløp felles kanal	97	3 510
AFO	Avløp felles overløpsledning	1	68
AFP	Avløp felles pumpeledning	53	5 721
SP	Spillvannsledning	16017	452 277
SPD	Spillvann dykkerledning	9	535
SPK	Spillvann kanal	2	29
SPO	Spillvann overløpsledning	8	347
SPP	Spillvann pumpeledning	530	69 539
SPT	Spillvann tunnel	8	5 933
VF	Varerør,avløp felles	23	660
VS	Varerør,spillvann	80	3 066
Sum		24372	772 568

Normalt vil AF og SP tas med i analysen. For overvannsledninger (se Tabell 5) kan man kjøre en individuell analyse, eller så kan man kjøre disse sammen med AF og SP ledninger. Det er opp til hver enkelt kommune hvordan man ønsker å gjøre det. For overvannsledninger er det normalt OV som tas med videre i analysen.

Tabell 5. Ledningstyper i overvannsnettet fra tabell VA_LINE

FCODE	Beskrivelse	antall	lengde [m]
OV	Overvannsledning	15139	425 444
OVK	Overvann kanal	95	3 557
OVO	Overvann overløpsledning	598	16 881
OVP	Overvann pumpeledning	59	3 119
OVR	Overvann renne	1	36
OVT	Overvann tunnel	2	153
OVX	Overvann kopling	5	2
VO	Varerør, overvann	27	856
Sum		15926	450 048

Ledningene vil normalt være privateid, kommunale eller interkommunale (se Tabell 6). Kolonnen OWNER angir dette. Man har også en kolonne med oversikt over hvem som har ansvaret for de ulike ledningene. Noen ønsker å ta utgangspunktet i denne, mens andre ønsker å ta utgangspunktet kun i de ledninger kommunen selv eier. Som et eksempel har noen kommuner ansvaret for noen private ledninger i tillegg til sine egne. Da ønsker de å ta med disse ledningene i analysen, siden de har ansvaret for å drifte dem.

Tabell 6. Eierforhold for vannledninger fra tabell VA_LINE

OWNER	Forklaring	antall	lengde [m]
A	Annet	18	768
I	Interkommunal	354	66 397
K	Kommunal	9214	613 822
P	Privat (bygningseier)	8680	206 670
P1	Privat (bygningseier)eiendom)	15	273
S	Statlig	7	328
(blank)	Mangler data	16	302
Sum		18304	888 561

I databasen inngår både ledninger i drift, ledninger som ikke lenger er i drift (nedlagte ledninger) og ledninger som er prosjektert og reserve-ledninger. Kolonne STATUS forklarer dette.

Tabell 7. Status for kommunale vannledninger fra tabell VA_LINE

STATUS	Beskrivelse	antall	lengde [m]
D	Drift	7939	584 821
E	Erstattet	18	698
EF	Erstattet fjernet	24	915
EN	Erstattet nedlagt	15	1 440
F	Fjernet	291	10 737
I	Ikke i bruk	56	2 580
N	Nedlagt	1186	74 787
P	Prosjektert	6	431
R	Reserve	33	3 808
Sum		9568	680 219

Ledninger som ikke lenger er i drift har status E, EF, EN, F, I eller N (forklaring av kodene er gjengitt i TCOD). Det samme gjelder for avløps- og overvannsledninger. I analysen er det kun ønskelig å se på

ledninger som per i dag er i drift, fordi det er disse som skal fornyes og forvaltes videre. Derimot så er det relevant å se på de nedlagte ledningene i to tilfeller:

1. Når man lager bruddstatistikk for ledningene (antallet brudd/km/år). I dette tilfellet er det viktig å få med bruddene som har skjedd også på de ledningene som er lagt ned de siste årene.
2. Når man skal kalibrere levetidskurvene, som er input til programmet. Mer om dette senere i veilederen.

Vannledninger i drift

Ledningsmaterialet er angitt i kolonne MATERIAL. Tabell 8 viser eksempel på materialer for vannledninger i drift.

Tabell 8. Ledningsmateriale for vannledninger i drift fra tabell VA_LINE

MATERIAL	Beskrivelse	antall	lengde [m]	andel
GRP	Glassfib.Reinf.Poly.	15	5 953	1.0 %
MCU	Kopper	5	143	0.0 %
MGA	Galvanisert stål	236	12 059	2.1 %
MST	Stål	119	11 263	1.9 %
PE	Polyet,uspes	232	14 940	2.6 %
PE100	Polyet.høy dens	360	40 392	6.9 %
PE32	Polyet.lav dens	20	1 209	0.2 %
PE50	Polyet.høy dens	70	4 131	0.7 %
PE80	Polyet.høy dens	121	7 386	1.3 %
PEH	Polyet.høy dens	69	12 371	2.1 %
PEL	Polyet.lav dens	57	6 057	1.0 %
PEM	Polyet.midd.dens.	1	157	0.0 %
PEV		5	220	0.0 %
PVC	Polyvinylklorid	1119	89 321	15.3 %
RDEL	Rørdel	58	28	0.0 %
SJ	Støpejern,uspes	9	472	0.1 %
SJG	Støpejern,grått	2061	144 342	24.7 %
SJK	Støpejern,duktilt (seigjern)	3232	217 074	37.1 %
STG	Glassfiberstrømpe	4	870	0.1 %
AAS	Asbest-sement	63	11 973	2.0 %
(blank)		83	4 460	0.8 %
Sum		7939	584 821	

Anleggsår er gitt i kolonne YEAR. Tabell 9 viser anleggsår i årsklasser for vannledninger i drift.

Tabell 9. Anleggsår i årsklasser for vannledninger i drift fra tabell VA_LINE

årsklasser	antall	lengde [m]	andel
1860-1899	103	6 188	1.1 %
1900-1939	492	33 015	5.6 %
1940-1949	191	16 976	2.9 %
1950-1959	656	49 585	8.5 %
1960-1969	848	59 123	10.1 %
1970-1979	1159	94 079	16.1 %

1980-1989	1313	101 478	17.4 %
1990-1999	631	51 571	8.8 %
2000-2009	1050	81 151	13.9 %
2010-2020	1355	86 908	14.9 %
(blank)	141	4 748	0.8 %
Sum	7939	584 821	

0.8 % mangler anleggsår.

Tilsvarende tabeller og data er tilgjengelige for avløpsledninger og overvannsledninger. Når man kombinerer de to tabellene ovenfor får man en oversikt som vist i Tabell 10. Tabell 10 angir hvor mange meter av hvert materiale som er installert i de ulike årsklassene. Når man plotter denne dataen i for eksempel et stolpediagram gir det en fin oversikt over ledningsnettets sammensetning.

Tabell 10. Material og anleggsår i årsklasser for vannledninger i drift fra tabell VA_LINE

Material	1860-1899	1900-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2020
GRP										5 953
MCU				54	31		57			1
MGA	88	811	133	2 638	4 083	2 515	1 178	249	6	
MST		268	1 677	3 105	1 780	4 251		78	24	81
PE				69	56	220	3 219	4 145	2 446	3 842
PE100							45	443	11 558	28 309
PE32							24	1 003	35	147
PE50							490	1 196	2 206	195
PE80					4		15	1 021	3 221	3 126
PEH							3 303	2 013	6 992	
PEL					51	506	4 796	201	5	
PEM							157			
PEV							220			
PVC					934	4 090	38 762	17 418	17 296	10 413
RDEL							11		9	
SJ				78	56	304			6	
SJG	6 100	31 936	14 514	41 284	40 842	8 374	92	279		529
SJK			525	1 626	7 451	66 422	49 003	22 896	35 268	33 427
STG										870
AAS			128	530	3 791	7 337				
(blank)				202	44	61	108	630	2 081	14

Tallene fra Tabell 10 kan brukes til å avdekke mulige feil i materialkode for ledninger. F eks 4 m PE80 fra 1960-69 er litt for tidlig for PE80, noe som betyr at enten materialkoden eller årstallet er registrert feil for disse 4 meterne med ledning.

Vannledninger som ikke er i drift

Ledninger som ikke lenger er i drift har STATUS = E, EF, EN, F, I eller N. I tillegg kommer renoverte ledninger hvor den opprinnelige versjonen av ledningen er spesifisert i kolonnene OLD_MATERIAL osv. Dette betyr at en ledning som er i drift i dag (for eksempel en PE ledning) tidligere har vært renovert med en no-dig metode. Renoveringen ble gjennomført det året som er oppgitt som anleggsår. Denne ledningen har tidligere vært en annen type ledning (OLD_MAT) med et annet anleggsår (OLD_YEAR).

Det er bare renoverte ledninger med opprinnelig anleggsår (OLD_YEAR) som kan tas med. Disse renoverte ledningene kjøper man sammen med de nedlagte ledningene. Det er spesifisert lenger opp når og hvorfor man bruker disse ledningene.

Nedenfor følger noen tabeller med eksempel på diverse informasjon om nedlagte og renoverte drikkevannsledninger.

Tabell 11. Material for vannledninger som ikke er i drift fra tabell VA_LINE

MATERIAL	Beskrivelse	antall	lengde [m]
MCU	Kopper	2	115
MGA	Galvanisert stål	258	15 135
MST	Stål	63	8 957
PE	Polyet,uspes	23	1 327
PE100	Polyet.høy dens	12	1 395
PE32	Polyet.lav dens	3	106
PE50	Polyet.høy dens	4	534
PE80	Polyet.høy dens	9	105
PEH	Polyet.høy dens	7	411
PEL	Polyet.lav dens	9	588
PEV		1	358
PVC	Polyvinylklorid	45	2 003
SJ	Støpejern,uspes	2	4
SJG	Støpejern,grått	871	48 301
SJK	Støpejern,duktilt (seigjern)	241	9 427
AAS	Asbest-sement	12	950
(blank)		28	1 445
Sum		1590	91 159

Tabell 12. Opprinnelig material for renoverte vannledninger fra tabell VA_LINE

OLD_MATERIAL	Beskrivelse	antall	lengde [m]
MGA	Galvanisert stål	7	365.7
MST	Stål	22	5301.28
PVC	Polyvinylklorid	1	80.06
SJG	Støpejern,grått	46	4256.33
SJK	Støpejern,duktilt (seigjern)	10	669.69
AAS	Asbest-sement	12	1788.87
Sum		98	12461.93

Tabell 13. Vannledninger som ikke er i drift pr år fra tabell VA_LINE

Anleggsår	Antall	Lengde [m]	Andel
1860-1899	17	601	0.7 %
1900-1939	219	12 056	13.2 %
1940-1949	72	3 407	3.7 %
1950-1959	236	16 771	18.4 %
1960-1969	323	18 592	20.4 %
1970-1979	126	5 532	6.1 %
1980-1989	75	3 963	4.3 %
1990-1999	35	1 488	1.6 %
2000-2009	50	2 177	2.4 %
2010-2020	39	1 595	1.7 %
0	398	24 976	27.4 %
Sum	1590	91 159	

27.4 % av nedlagte vannledninger mangler anleggsår.

Tabell 14. Anleggsår (året ledningene ble renovert) for vannledninger som er renovert fra tabell VA_LINE

Anleggsår	Antall	Lengde [m]	Andel
1960-1969	11	1 736	13.9 %
1980-1989	3	255	2.0 %
1990-1999	4	302	2.4 %
2000-2009	24	3 326	26.7 %
2010-2020	56	6 844	54.9 %
Sum	98	12 462	

Tabell 15. Opprinnelig anleggsår (året de gamle ledningene ble anlagt) for vannledninger som er renovert fra tabell VA_LINE

Oppr.anleggsår	Antall	Lengde [m]	Andel
1860-1899	1	41	0.3 %
1900-1939	19	1 483	11.9 %
1940-1949	18	3 658	29.4 %
1950-1959	12	1 169	9.4 %
1960-1969	20	2 362	19.0 %
1970-1979	6	371	3.0 %
2000-2009	3	214	1.7 %
0	19	3 165	25.4 %
Sum	98	12 462	

25.4 % av renoverte vannledninger mangler opprinnelig anleggsår.

2.1.2 Driftshendelser

Driftshendelser er registrert i tabellen VA_DIARY i Gemini-VA databasen. For vannledninger bruker vi DBR for brudd/lekkasje, for avløpsledninger og overvannsledninger DST for tilstoppinger og U32 for inspeksjoner.

Disse driftshendelsene brukes til å lage statistikk over tilstanden til ledningsnettene. Man deler ledningsnettene inn i grupper, kobler driftshendelsene mot hver gruppe (gjennom å koble driftshendelsene mot enkeltledningene), og summerer så opp antallet driftshendelser per gruppe. Når man deler dette på antallet år for driftshendelsene får man en statistikk over tilstanden til de ulike gruppene (bruddrate eller tilstoppingsrate). Denne kan brukes som utgangspunkt til å vurdere og estimere forventet levetid for hver gruppe. Inspeksjonsdata (U32), som er et skadetall for ledningen basert på CCTV inspeksjon av avløpsledninger, brukes på en noe annen måte. Den sier noe om hvor stor andel av ledningene som er i de ulike skadeklassene. For å definere skadeklasser kan man bruke Norsk Vann sin veileder eller så kan man definere dette selv. Jo større andel av ledninger i de verste skadeklassene jo kortere kan man forvente at levetiden til en gruppe er, og dermed kan man estimere levetid ut fra disse tallene.

Tabell 16. Aktuelle kolonner fra tabell VA_DIARY

Kolonne	Beskrivelse	Aktuelle verdier
CDBID	Hendelsesidentifikator	
CCODE	Hendelseskode	DBR, DST, U32
COBJTBL	Registrert på ledninger eller i kum	VA_LINE
COBJID	Ledningsidentifikator	
CNDATE	Dato for hendelsen	

Dersom en ledning er renovert, er det svært viktig å se om hendelsen er på den gamle eller den nye ledningen. Man må da sjekke om bruddet/tilstoppingen (eller inspeksjonsdata for U32) ble registrert på en dato som er før ledningen ble renovert (definert av anleggsåret til den nye ledningen) eller etterpå. Er driftshendelsen registrert på samme dato som den nye ledningen vil man normalt anta at hendelsen fant sted på den gamle ledningen, fordi en reovering/fornyelse i praksis ofte er en reaksjon på en driftshendelse.

Tabell 17. Antall hendelser registrert på ledning fra tabell VA_DIARY

Hendelse	Antall registreringer
DBR	1675
DST	553
U32	7071

Brudd/lekkasje (DBR)

De aller fleste brudd (91.5 %) er registrert på vannledninger (VL), 7 % er på avløpsledninger (AF og SP).

Tabell 18. Antall brudd og type ledning fra tabell VA_DIARY

Type ledning	Antall brudd	Andel
AF	99	5.9 %
AFK	1	0.1 %
AFP	6	0.4 %
DR	1	0.1 %
OV	11	0.7 %
SP	18	1.1 %
SPP	7	0.4 %
VL	1532	91.5 %
Sum	1675	5.9 %

Tabell 19. Antall brudd og ledningsmateriale for vannledninger fra tabell VA_DIARY

Material	Antall brudd	Andel
0	29	1.9 %
(blank)	37	2.4 %
MCU	1	0.1 %
MGA	135	8.8 %
MST	111	7.2 %
PE	6	0.4 %
PE100	3	0.2 %
PE32	1	0.1 %

PE50	1	0.1 %
PEH	2	0.1 %
PEL	6	0.4 %
PVC	25	1.6 %
SJG	1014	66.2 %
SJK	147	9.6 %
AAS	14	0.9 %
Sum	1532	

Alle MGA-ledninger med brudd har dimensjon < 100 mm og vil derfor ikke bli tatt med videre hvis man velger å utelate 100 mm ledninger fra analysen. Dette gjør man ofte fordi små ledninger ikke skal være med i en strategisk fornyelsesplan. Noen kommuner velger derimot også å ha med de små ledningene. Hver enkelt kommune gjør sitt eget valg.

SJG-ledninger har de fleste bruddene. Neste steg blir å se nærmere på materialgruppene med flest brudd og lage oversikter som viser fordeling på anleggsår, dimensjon o.l. Grunnen til at man gjør dette er for å se om disse materialgruppene skal deles inn ytterligere i grupper grunnet store forskjeller i bruddstatistikk basert på installasjonsperioder. Mer om det kommer litt senere.

Tilstoppinger (DST)

De aller fleste tilstoppinger (89 %) er registrert på avløpsledninger (AF og SP), 4.5% er på overvannledninger (OV) og de resterende 6,5 % mangler opplysning om ledningstype.

Tabell 20. Antall tilstoppinger og type ledning fra tabell VA_DIARY

Type ledning	Antall tilstoppinger	Andel
(blank)	36	6.5 %
AF	309	55.9 %
OV	25	4.5 %
SP	183	33.1 %
Sum	553	

Tabell 21. Antall tilstoppinger og ledningsmateriale for avløpsledninger (AF og SP) fra tabell VA_DIARY

Material	Antall	Andel
0	23	4.5 %
(blank)	23	4.5 %
BET	271	52.6 %
BKA	2	0.4 %
BMU	5	1.0 %
LER	39	7.6 %
PE	1	0.2 %
PE100	1	0.2 %
PE50	3	0.6 %
PE80	11	2.1 %
PEH	8	1.6 %
PVC	123	23.9 %
STG	3	0.6 %
AAS	2	0.4 %
Sum	515	

Betongledninger og PVC har de fleste tilstoppingene. Neste steg blir å se nærmere på materialgruppene med flest tilstoppinger og lage oversikter som viser fordeling på anleggsår, dimensjon o.l. for å se om det er variasjoner over disse parameterne.

Inspeksjoner (U32)

For inspeksjoner trenger vi i tillegg til informasjon om selve inspeksjonen (tid og sted) også skadepoeng. Skadepoeng finner man i tabellen VA_INSPSTA. Skadepoeng blir i ettertid omgjort til en skadeklasse (1-5), enten etter Norsk Vann standard eller en egendefinert standard.

Tabell 22. Aktuelle kolonner fra tabell VA_INSPSTA

Kolonne	Beskrivelse	Aktuelle verdier
CDBID	Hendelsesidentifikator	
CDATE	Dato for hendelsen	
DAMAGESCORE	Skadepoeng	Skadepoeng over 39 tilsier skadeklasse 4 eller 5

Tabell 23 angir eksempel på antallet registreringer i ulike skadeklasser, ut fra CCTV inspeksjoner gjennomført i avløpsledninger.

Tabell 23. Antall registreringer i tabell VA_INSPSTA

Skadeklasse	Antall registreringer
1 meget god	1685
2 god	237
3 dårlig	199
4 meget dårlig	196
5 ubrukelig	140
ikke beregnet	2164
Sum	4621

Som sagt vil man noen ganger ta ut ledninger som er svært korte eller små fra analysen. Dette må vurderes av hver enkelt kommune. Tabell 24 og Tabell 25 gir et eksempel på en oversikt over slike ledninger.

Tabell 24. Vannledninger med små dimensjoner

Dimensjon [mm]	Antall	Sum lengde[m]
20-29	5	49.68
30-39	61	1527.70
40-49	57	3244.64
50-59	370	19970.78
60-69	310	21157.25
70-79	15	1762.71
80-89	10	9.76
90-99	10	714.52
Sum	838	48437.04

Tabell 25. Korte vannledninger (<1 m)

Lengde	Antall	Sum lengde[m]
0.15-0.19	2	0.34
0.20-0.29	29	6.82
0.30-0.39	50	16.22
0.40-0.49	32	13.87
0.50-0.59	29	15.58
0.60-0.69	58	35.72
0.70-0.79	23	16.53
0.80-0.89	33	27.80
0.90-0.99	30	28.35
Sum	286	161.23

3 Bygge modellen steg 1: Inndeling av ledningsnett i grupper

For å bruke modellen er det nødvendig at ledningsnettet først deles inn i noenlunde homogene grupper.

Inndeling av ledningsnettet i grupper utføres på forskjellige måter fra kommunen til kommune, og bør følge lokale utfordringer og erfaringer.

Normalt sett deler man ledningsnettet sitt inn i 6-12 grupper. Alt innenfor dette tallet er normalt.

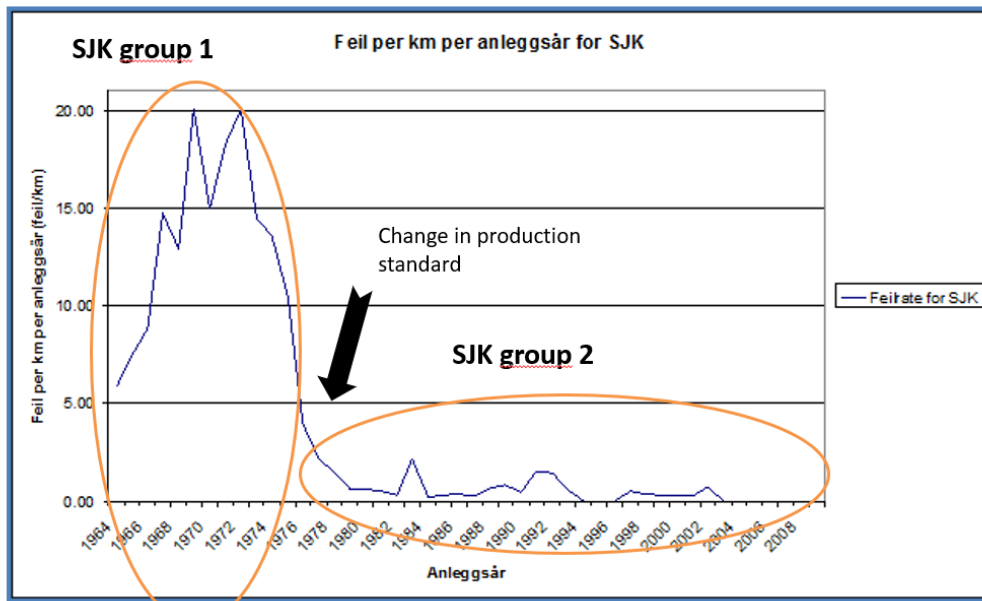
3.1 Dele ledningsnett i grupper

Grupper kan være basert på materiale, anleggsår/anleggsperioder, produksjonsperioder/produksjonsnormer, diameter etc. Har man mulighet til å verifisere inndelingen med driftsstatistikk (brudd data, tilstopningsdata) er det fint, for da kan man få en sjekk av at inndelingen er fornuftig.

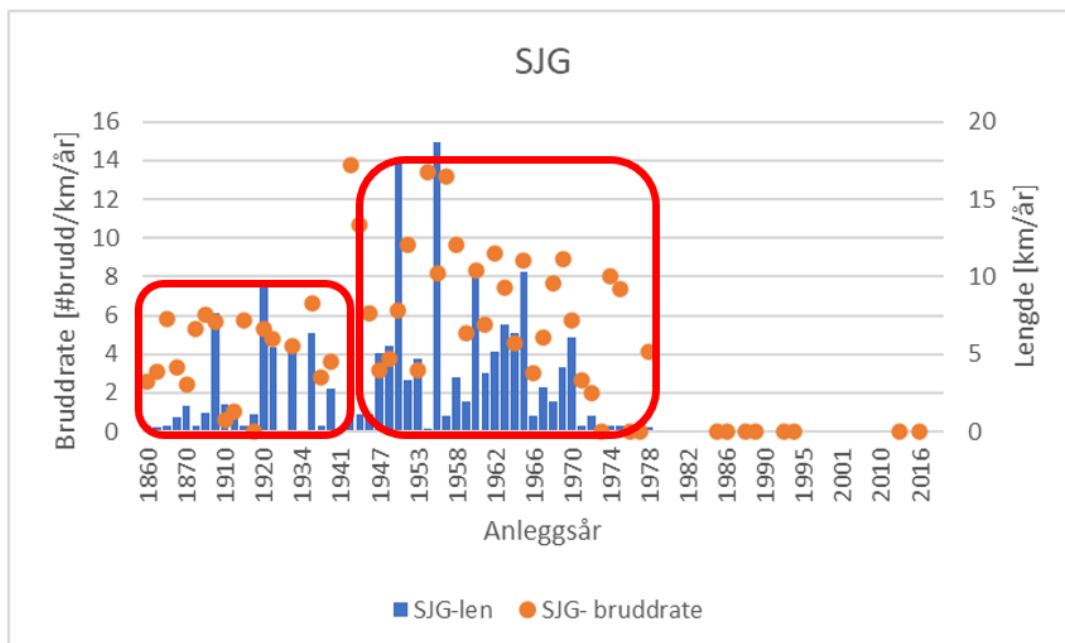
Eksempel på inndeling av ett materiale i to grupper er følgende:

- Duktilt støpejern før og etter 1980 (ca.). Rundt 1980 (+/-) ble indre korrosjonsbeskyttelse innført i produksjonsprosessen for duktile støpejernsrør for å hindre pitting korrosjon fra innsiden. Dette hadde en stor positiv effekt på brudd/korrosjon av disse ledningene, og man kan se en stor forskjell på bruddstatistikken for ledninger lagt før og etter denne perioden.
- Grått støpejern før og etter krigen (andre verdenskrig). Ledninger lagt før krigen ble lagt for hånd og ledningsgrøftene ble omhyggelig konstruert. Perioden etter krigen (20-30 år) kjennetegnes ved en byggeboom (ting ble bygget raskt) og at maskiner for første gang ble tatt i bruk. På grunn av dette ser man derfor ofte at ledningene lagt før krigen er av bedre kvalitet (og dermed bør ha lengere levetid) enn ledningene lagt etter krigen.

Figur 3 viser et eksempel på hvordan bruddstatistikk kan brukes for å dele et materiale inn i to mindre grupper. Det viser at duktile støpejernsrør lagt før ca. 1978 har en mye høyere bruddrate enn det samme materialet lagt etter 1978. Dette kan forklares med at ledningene fikk indre korrosjonsbeskyttelse i denne perioden. Man deler derfor duktile støpejernsrør i dette tilfellet inn i to grupper; før og etter 1978. Figur 4 viser det samme for grått støpejern. De blå kolonnene representerer antallet meter ledning installert i et gitt år, mens de oransje punktene representerer bruddrate for de samme årene. Figuren peker mot et mønster hvor ledninger lagt før krigen har en generelt lavere bruddrate enn ledninger lagt etter krigen. Etter krigen var det en byggeboom i byene, hvor ledninger ble lagt hurtig og hvor gravemaskiner for første gang ble tatt i bruk. Dette hadde en negativ påvirkning på kvaliteten på anleggene. Man deler derfor grå støpejernsrør i dette tilfellet inn i to grupper; før og etter 1945.



Figur 3. Eksempel på bruk av bruddstatistikk for drikkevannsledninger for å dele duktilt støpejern inn i to grupper.



Figur 4. Eksempel på bruk av bruddstatistikk for drikkevannsledninger for å dele grått støpejern inn i to grupper.

Parametere som normalt benyttes for å dele inn ledningsnettet i grupper er følgende:

- Materiale
- Konstruksjonsår/anleggsperiode
- Diameter
- Produksjonsstandard ledninger (se eksempel figur ovenfor på intern korrosjonsbeskyttelse som ny produksjonsstandard).
- Grunnforhold (hvis man har tilgang til dette)

3.1.1 Tips til inndeling av ledningsnett i grupper

Her følger noen retningslinjer man kan benytte seg av når man deler ledningsnettene inn i grupper. Retningslinjene er basert på flere tiår med kompetanse og erfaring rundt kvaliteten på ulike typer ledninger som benyttes i drikkevanns- og avløpsnett i Norge. Disse retningslinjene kan benyttes som en veiledning til hvordan en kommune kan dele inn sitt ledningsnett i grupper. Det må understrekes at det er svært viktig at kommunen også bruker egen erfaring fra drift av sitt lokale nett når ledningsnettet skal deles inn i grupper. Dette fordi hver enkelt kommune har sine egne lokale utfordringer og erfaringer.

Tabell 26. Inndeling av drikkevannsledninger og vurdering av kvalitet.

Gruppe/forklaring	Erfaring
Grå støpejernsledninger fra førkrigstiden	Sprøtt materiale. Utsatt for større brudd. Generelt god erfaring. Medium til god kvalitet og levetid. God grøfteutførelse og ok materialkvalitet.
Grå støpejernsledninger fra etterkrigstiden	Sprøtt materiale. Utsatt for større brudd. Generelt svært dårlig erfaring grunnet dårlig grøfteutførelse. Kort levetid, store driftsproblemer.
Duktile støpejernsledninger lagt før ca. 1980	Seigt materiale. Ofte store problemer med pitting/punkt korrosjon på grunn av manglende korrosjonsbeskyttelse. Ok grøfteutførelse.
Duktile støpejernsledninger lagt etter ca. 1980	Veldig god kvalitet. Indre korrosjonsbeskyttelse og god grøfteutførelse fører til lang levetid.
PE ledninger	Veldig god kvalitet. God materialkvalitet og god grøfteutførelse fører til lang levetid.
PVC ledninger	God kvalitet. God materialkvalitet og god grøfteutførelse fører til medium til lang levetid.
Plastledninger generelt lagt før ca. 1980	Plastledninger av PE, PVC, PP etc. produsert før ca. 1980 ble produsert under en annen produksjonsstandard med tilhørende dårligere materialkvalitet. Generelt medium erfaring med kvalitet og levetid.
Asbestsementledninger	Generelt ok kvalitet og levetid, men skiftes ofte ut pga det helsemessige aspektet relatert til materialet (materialet er ikke helsefarlig ved inntak via drikkevann).
GUP/GRP ledninger (glassfiberarmert plast)	Generelt veldig god erfaring og kvalitet. Lang levetid. Betydelig økning i ringstivhet fra 1984.

Tabell 27. Inndeling av avløpsledninger og vurdering av kvalitet.

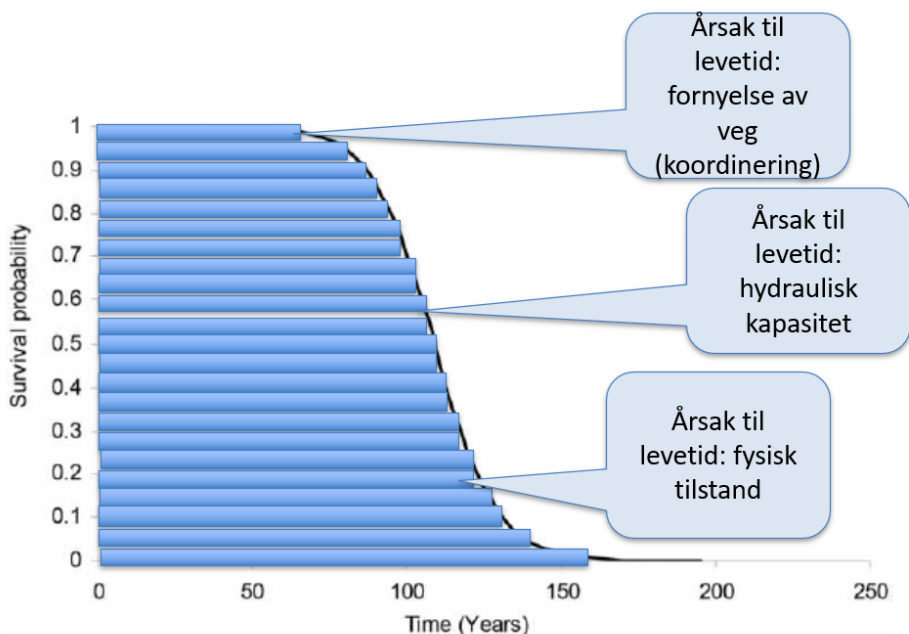
Gruppe	Erfaring
Betongledninger lagt før krigen (1945)	Lokal produksjon av ledninger og ujevn kvalitet. Ofte god grøfteutførelse. Grei kvalitet og medium forventet levetid.
Betongledninger lagt i etterkrigstiden (1945-1969)	Lokal produksjon av ledninger og ujevn kvalitet i tillegg til dårlig grøfteutførelse medfører store utfordringer med ledningene. Første generasjons pakninger og en god del skjøtefeil. Dårlig kvalitet og lav forventet levetid.
Betongledninger lagt på 70-tallet (1970-1979)	Betydelig økning i krav til styrke, lavere porøsitet og jevnere kvalitet grunnet bedre produksjon av ledninger. Bedre grøfteutførelse. Generelt god kvalitet og høy forventet levetid.
Betongledninger lagt etter 1980	Veldig god kvalitet og lang forventet levetid. Noen kommuner har erfaring med at ledninger og grøfteutførelse forbedres ytterligere utover 80-tallet. Dette må vurderes lokalt. Ved slik erfaring kan ledningene lagt på 70-tallet skilles ut i en egen gruppe og de lagt på 80-tallet og etter i en egen gruppe.
PVC ledninger	God kvalitet. God materialkvalitet og god grøfteutførelse fører til medium til lang levetid.
Plastledninger (PVC, PP etc.) generelt lagt før ca. 1980	Plastledninger av PE, PVC, PP etc. produsert før ca. 1980 ble produsert under en annen produksjonsstandard med tilhørende dårligere materialkvalitet. Generelt medium erfaring med kvalitet og levetid.
Leire ledninger	Eldre ledninger som ofte er i dårlig forfatning. Lav forventet levetid.

Når det gjelder avløpsledninger er det også noen kommuner som skiller på muffør (normalt ledninger med dimensjoner opp til og med 600 mm) og falsrør (dimensjoner over 600 mm) grunnet ulike erfaring med disse. Årsklassene definert i Tabell 27 deles da opp i undergrupper for muffør og falsrør. Dette kan gjøres om man har ulik erfaring med disse typer ledninger eller om man ønsker å skille ut de svært store ledningene i en egen gruppe.

4 Bygge modellen steg 2: etablere en levetidsfunksjon for hver ledningsgruppe

En levetidsfunksjon definerer levetiden til en gruppe av ledninger. Å definere levetiden er det viktigste aspektet ved planlegging av fremtidig ledningsfornyelse. Samtidig er det også det vanskeligste aspektet på grunn av usikkerheten relatert til det. Levetiden til en enkeltledning kan defineres av en rekke ulike aspekter, deriblant:

- Forventet levetid på minst X antall år. Ofte brukes 100 år som et minimumstall for nye ledninger.
- Gjennomsnittlig forventet levetid.
- Fysisk levetid (en tilstand som medfører at ledningen ikke lenger er i stand til å utføre sin tiltenkte funksjon).
- Økonomisk levetid (nedskrivning av ledningens verdi basert på lånet som finansierte ledningens konstruksjon). Dette settes ofte lik 40 år (og er derfor mye lavere enn forventet fysisk levetid).
- Risiko. Konsekvensen (av brudd) og/eller sannsynligheten (for brudd) kan være så høy at man ikke kan godta den lenger, og må fornye ledningen.
- **Service levetid. Dette prinsippet inkluderer en rekke ulike grunner for levetiden (alle de som er nevnt ovenfor ++) og er derfor den definisjonen som vi bruker i dette verktøyet. I figuren under kan man se et eksempel på dette.**



Figur 5. En levetidsfunksjon satt sammen av service levetiden til alle ledningene i ledningsgruppen.

En levetidsfunksjon er satt sammen av levetiden (service levetiden) til alle ledningene som er definert i den aktuelle ledningsgruppen, se Figur 5. Levetidene varierer derfor i stor grad. Levetidsfunksjonens hensikt er å fange opp alle disse levetidene. Den gir en statistisk forventet fordeling av levetiden for enkeltledningene i gruppen. En levetidsfunksjon slik den brukes i verktøyet er basert på den matematiske funksjonen som kalles for Herz-funksjonen. Herz-funksjonen baserer seg på følgende tre parametere:

- **‘Resistance time’/motstandsfaktor c** : tid til første rehabilitering. Før dette utføres kun reparasjoner på ledningene.

- **Aldringsfaktor a** : beskriver intensiteten på aldringsprosessen, dvs. hvor kraftig/hurtig aldring kan observeres i gruppen etter at første rehabilitering er utført.
- **Feilrate b** : endelig feilrate for de eldste og mest motstandsdyktige ledningene. En lavere feilrate forlenger kurvens 'hale'.

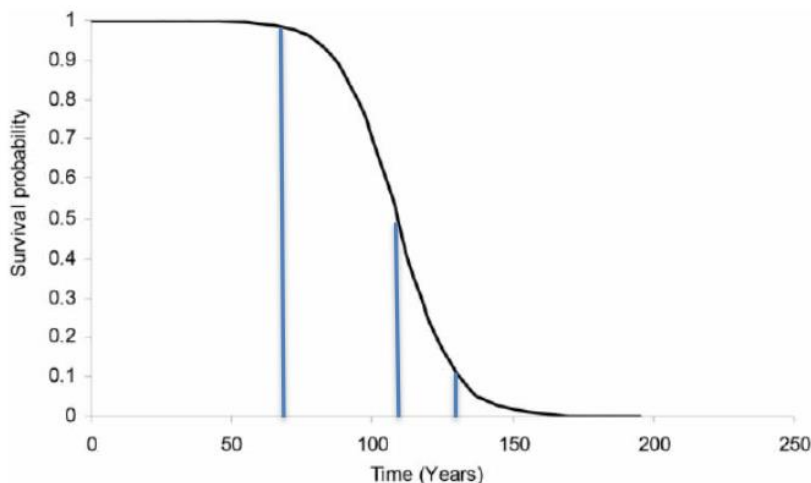
I programmet skal man definere Herz funksjonen (det vil si levetidsfunksjonen) for hver enkelt ledningsgruppe. For programmet definerer man derimot ikke a , b og c faktorene, men heller det man kaller for 100, 50 og 10 % percentiler. Disse verdiene angir følgende:

- 100 %: tid (i antall år) inntil første rehabilitering. Inntil dette tidspunktet gjennomfører man kun punktreparasjoner, ingen rehabilitering.
- 50 %: tid (i antall år) inntil 50 % av gruppen er rehabilitert. 50 % av gruppen er fortsatt i drift.
- 10 %: tid (i antall år) inntil 90 % av gruppen er rehabilitert. De 10 % mest robuste ledningene i gruppen er fortsatt i drift.

100, 50 og 10 % verdiene angir derfor forventet levetid for en ledningsgruppe. Figur 6 visualiserer disse percentilene. Y-aksen viser % overlevelse, mens x-aksen viser antallet år.

I programmet angir man forventet årstall for 100, 50 og 10 % percentilene. Verdiene varierer fra gruppe til gruppe. Nedenfor følger noen forslag til hvilke verdier som kan benyttes som utgangspunkt for ulike grupper av ledninger for både vann og avløp. Disse verdiene er nasjonale gjennomsnitt. Har man gode data tilgjengelige og lokal erfaring knyttet til ulike typer ledninger bør man benytte seg av disse for å anslå egne lokale verdier for levetid, blant annet ved å utføre en analyse over driftsdata.

Basert på de verdiene man oppgir for 100, 50 og 10 % percentilene beregnes så Herz funksjonen for hver enkelt gruppe.



Figur 6. Visualisering av 100, 50 og 10 % percentilene for en levetidsfunksjon.

4.1.1 Forventet levetid av ledningsgrupper drikkevann og avløp

Tabell 28 og Tabell 29 gir en oversikt over nasjonale gjennomsnittstall for forventet levetid for noen utvalgte sentrale ledningsgrupper i drikkevannsnettet og i avløpsnettet. Disse tallene er beregnet ut fra store mengder nasjonale data og gir derfor en god pekepinn på gjennomsnittet for landet.

Hvis man ønsker å dele ledningsnettet inn i andre grupper enn de som er anvist i tabellene, kan man bruke verdiene i tabellene som utgangspunkt. Et eksempel på dette er for eksempel hvis man ønsker å dele grått støpejern inn i to grupper basert på anleggsår. En bakgrunn for å gjøre dette er hvis man oppdager at man har ulike bruddrater for ulike tidsepoker. Se Figur 4 for et godt eksempel på dette. I dette eksempelet bør man dele grå støpejernsledninger inn i to grupper; før og etter 2.verdenskrig. Tallet for grått støpejern oppgitt i Tabell 28 er et gjennomsnitt. Siden man i eksempelet har noe bedre erfaring med grått støpejern før krigen, kan levetiden for disse økes litt over gjennomsnittet, mens levetiden for ledningene etter krigen kan reduseres til litt under gjennomsnittet. Her må man bruke skjønn. Som en første anbefaling kan man for eksempel gå 10 år opp fra snittet på alle tall på grått støpejern før krigen, mens man kan gå 10 år ned fra snittet på alle tall på grått støpejern etter krigen.

Tallene i Tabell 28 og Tabell 29 er kalibrert med virkelige data. Det betyr at kurvene er laget basert på alderen på ledninger i Norge når de ble tatt ut av drift. Vi vet at ledninger i norske kommuner blir tatt ut av drift for en rekke ulike årsaker utover fysisk tilstand/levetid. Slike årsaker kan inkludere, men er ikke begrenset til:

- Koordinering av fornyelse med fornyelse av veg.
- Sonevis utskiftning (ledninger i en sone skiftes ut uavhengig av den individuelle tilstanden).
- Hydraulisk underkapasitet (diameter må økes).
- Separering av avløpsnett (fokus på separering gjør at mange ledninger skiftes ut uavhengig av den individuelle tilstanden).
- Etc.

De ovennevnte årsakene til utskiftning gjør at levetiden til ledningene ofte ikke utnyttes i full grad, og at de skiftes ut før det faktisk er et fysisk behov for å skifte de ut. Tilstanden på ledningene er da ofte fortsatt god. En slik utskiftning har mange andre fordeler som vi ikke skal komme inn på i detaljer her, men det kan for eksempel være reduserte kostnader (hvis man koordinerer fornyelse med andre infrastrukturer for å dele på kostnadene). Kalibrerte levetidsfunksjoner tar derfor hensyn til aspekter utover fysisk levetid. Tallene vist i tabellene under er derfor forventet levetid for gruppene basert på dagens praksis for norske kommuner. Hvis man ønsker å bruke kurver som kun ser på fysisk forventet levetid har man ikke datagrunnlag for å si noe om dette med sikkerhet, men man kan da anta at levetidene (tallene i tabellene) kan økes med 10-30 %.

Tallene i tabellene bør kun brukes som basis/utgangspunkt for å etablere egne lokale levetider. De lokale kommunene har egne erfaringer med de ulike materialene og tidsperiodene som de bør benytte for å tilpasse gruppene og levetidene til sine lokale steder. For de kommuner som har lite erfaring og lite data kan man i første omgang bruke disse levetidene direkte, og så bruke oppdaterte levetider over tid ettersom man bygger seg opp kompetanse og erfaring.

Tabell 28. Nasjonale gjennomsnittstall for forventet levetid (angitt som antallet år for percentilene) for noen utvalgte sentrale ledningsgrupper i drikkevannsnnett.

Ledningsgruppe	100 %	50 %	10 %
Asbestsement	20	60	75
Grått støpejern	30	90	120
Duktilt støpejern før 1980	20	85	125
Duktilt støpejern etter 1980	40	100	160
PE	40	100	160
PVC før 1980	20	90	140
PVC etter 1980	40	100	160
GUP	40	100	160
REST	10	60	95

For avløpsledninger foreligger det en del data for renoverte ledninger, dvs. ledninger som er fornyet med no-dig metoder. Det finnes mange forskjellige metoder for renovering og de varierer stort i kvalitet og styrke (fra ikke-strukturelle belegg til fullt strukturelle løsninger). Levetidene oppgitt nedenfor er derfor basert på en sammensetning av disse.

Tabell 29. Nasjonale gjennomsnittstall for forventet levetid (angitt som antallet år for percentilene) for noen utvalgte sentrale ledningsgrupper i avløpsnett.

Ledningsgrupper	100 %	50 %	10 %
Betong før 45	45	130	160
Betong 45-69	20	90	135
Betong 70-79	30	110	150
Betong etter 80	45	120	165
Plast (PVC, PP, etc.) før 80	20	60	80
Plast (PVC, PP, etc.) etter 80	45	70	110
Restmaterialer	20	95	140
Renoverte ledninger (forskjellige metoder)	10	110	150

5 Kalibrering av levetidsfunksjoner for mer nøyaktige analyser

For hver enkelt gruppe av ledninger kan man kalibrere levetidsfunksjonen om man har nok tilgjengelige data. På nettsiden (<https://www.sintef.no/projectweb/bforva-nett/>) ligger det en kalibreringsfunksjon som man kan laste ned på egen pc. Dette er en excel fil som automatisk genererer levetidsfunksjoner for brukeren. Disse levetidsfunksjonene er kalibrert basert på brukerens egne data. Det er derimot behov for å forberede en del data for å bruke denne funksjonen. Hvis man skal bruke denne funksjonen må man ha tilgang til følgende data:

- Alderen for en god del nedlagte ledninger i hver enkelt gruppe.
- Oppdatert bruddstatistikk for alle grupper for minst 5 år.
- Fornyelsesrate for alle grupper for minst 5 år. Denne kan eventuelt regnes ut ved å summere opp meter lengde med nye ledninger per år + meter lengde med renoverte ledninger (no-dig) per år i hver enkelt gruppe.

Noen korte fakta om kalibreringsfunksjonen:

- Man kalibrerer a, b og c parameterne i Herz funksjonen.
- Data over nedlagte ledninger brukes til å konstruere første del av 'virkelig' levetidskurve.
- Kalibrerings parameter (styrings parameter) for kalibrering er service nivå i ledningsnett.
 - Nødvendig fornyelse styres av ønsket service nivå.
 - Man bestemmer selv hvilken parameter man kan styre etter, for eksempel bruddrate i drikkevannsnettet.
- For å kalibrere levetidsfunksjonen for en gruppe med ledninger må man:
 - Analysere historisk bruddrate (minst 5 år bakover i tid)
 - Analysere historisk fornyelsesrate (minst 5 år bakover i tid)
 - Ut fra den historiske bruddraten ser man om denne bør reduseres for gruppen eller ikke. Er den for høy må den reduseres. Man øker eller reduserer så fornyelsesraten for gruppen ut fra om bruddraten må reduseres eller økes:
 - Behov for redusert bruddrate: fornyelsesraten må økes
 - Ikke behov for redusert bruddrate: fornyelsesraten kan beholdes eller reduseres
 - Denne vurderingen kan gjøres skjønnsmessig (kvantitativt) eller kvalitativt ved å beregne riktig nivå.
 - Følgende data importeres i kalibreringsfunksjonen (se Figur 7):
 - Ny foreslått fornyelsesrate (denne kan holdes konstant eller endres over tid, både ned og opp). I programmet finner man denne øverst i høyre hjørne, under navnet 'Rehabiliteringsrate fra start'. Dette er ikke den fornyelsesraten som kommunen skal ligge på, men en veiledning til kalibreringsfunksjonen om innsatsen på fornyelse må opp fra dagens nivå, eller om det kan holdes på nåværende nivå eller også reduseres.
 - Komplett liste over ledninger i drift med følgende data per ledning:
 - Lengde
 - Leggeår
 - Komplett liste over nedlagte ledninger med følgende data per ledning:
 - Lengde
 - Alder

Verdiene i de avanserte innstillingene er basert på beregninger og skal ikke endres.

Kalibreringsfunksjon for ledningskohorters levetidsskurve

Laget av: Martin Okstad

Operative ledninger				Nedlagte ledninger			
LSID*	Lengde [m]	Leggeår		LSID*	Lengde [m]	Alder	
2622	76,29	1960		3219	14,95	77	
2625	83,45	1960		3246	106,36	49	
2630	88,33	1960		3407	8,23	108	
2640	102,79	1960		3419	82,65	115	
2651	46,15	1958		3486	102,62	106	
2728	69,56	1953		3555	66,04	61	
2734	80,94	1953		3568	12,08	51	
2750	181,75	1953		3577	41,4	45	
3101	92,18	1957		4272	44,32	46	
3105	50,74	1958		3651	72,06	41	
3107	8,19	1958		3672	19,25	96	
3109	32,91	1958		3686	45,69	96	
3127	50,15	1959		3736	121,72	87	
3140	4,21	1957		3755	99,22	105	
3142	17,96	1957		3759	15,93	103	
3174	37,66	1958		3795	32,61	115	
3199	6,26	1953		3936	31,01	43	
3227	101,94	1961		3977	159,32	94	
3229	96,65	1961		4022	20,19	102	
3241	41,16	1961		2957	84,86	81	
3283	62,56	1954		2959	59,8	81	
3369	32,87	1963		7667	31,39	93	

Innstillinger
 Første analyseår :
 Rehabiliteringsrate fra start : %
 Ved evt. endret rehabiliteringsrate:
 Ny rehabiliteringsrate fra år : %

Avanserte innstillinger
 Gjennomsnittlig prosent : %
 Standardavvik alder : år

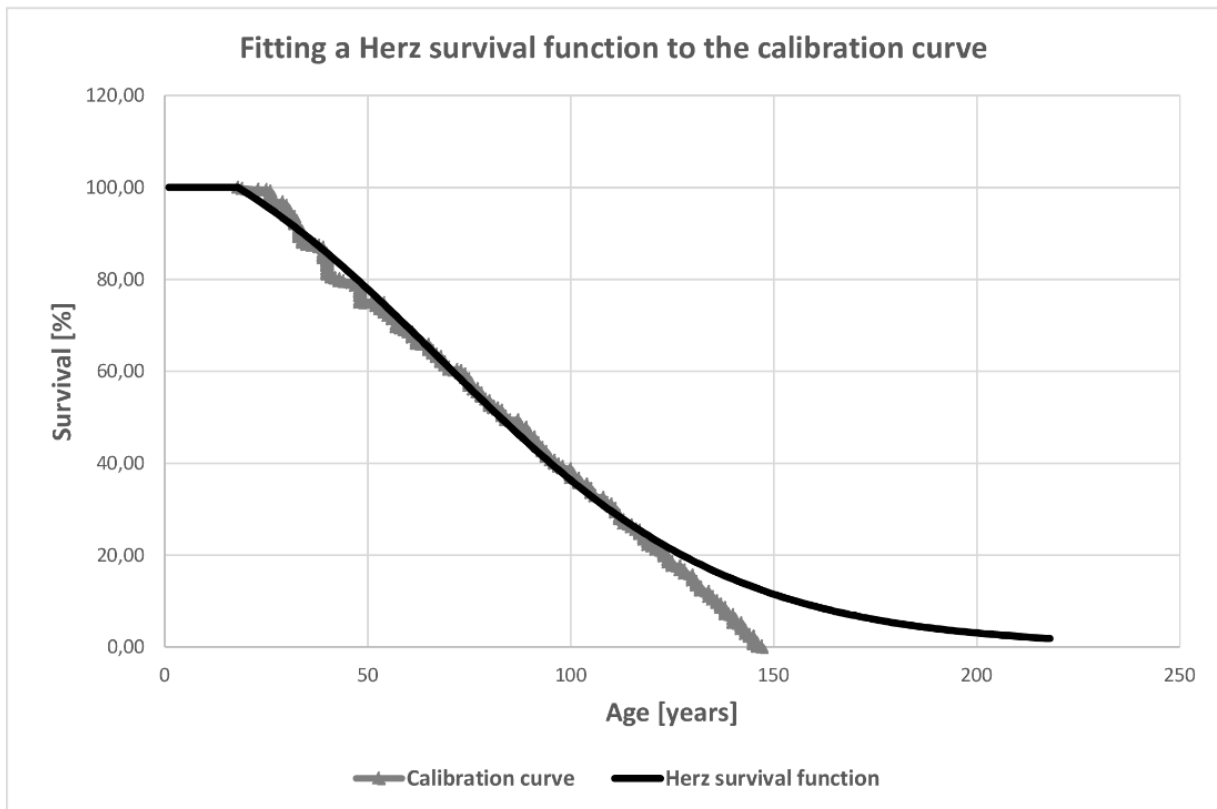
Figur 7. Bilde av kalibreringsfunksjonens input data.

Her er et eksempel på hvordan man kan bestemme hvilken verdi man skal føre inn i 'Rehabiliteringsrate fra start' i programmet:

En analyse av SJG etter krigen viser at denne gruppen har ca. 3 ganger høyere bruddrate enn ledningsnettets totale gjennomsnitt. Den har en bruddratekurve som sakte er på vei nedover. Fornyelsesraten de siste 5 årene ligger i snittet på 1,8 %. Basert på disse tallene kan man beslutte følgende:

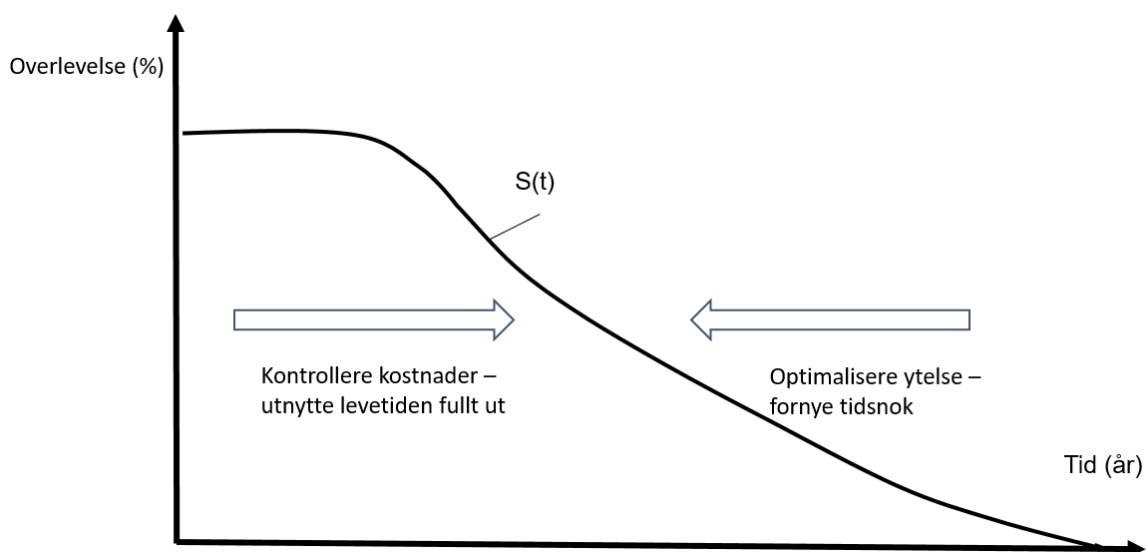
- Bruddraten er veldig høy i forhold til snittet, og den må derfor ytterligere ned.
- Innsatsen (fornyelsesraten) på gruppen de siste 5 årene fungerer da bruddraten er på veg sakte nedover.
- Selv om bruddraten er på vei nedover må innsatsen økes ytterligere da gruppens bruddrate er svært høy.
- Det anbefales som en første iterasjon å legge seg på 2 % fornyelse. 2 % fornyelse (fra første år) legges derfor inn i kalibreringsprogrammet. Den kan eventuelt økes ytterligere etter noen år om man ønsker å få ned bruddraten hurtigere.

Når dataene er ført inn i programmet kan man kjøre en kalibrering av dataene som vil resultere i en kalibreringskurve med en tilpasset Herz som vist på Figur 8.



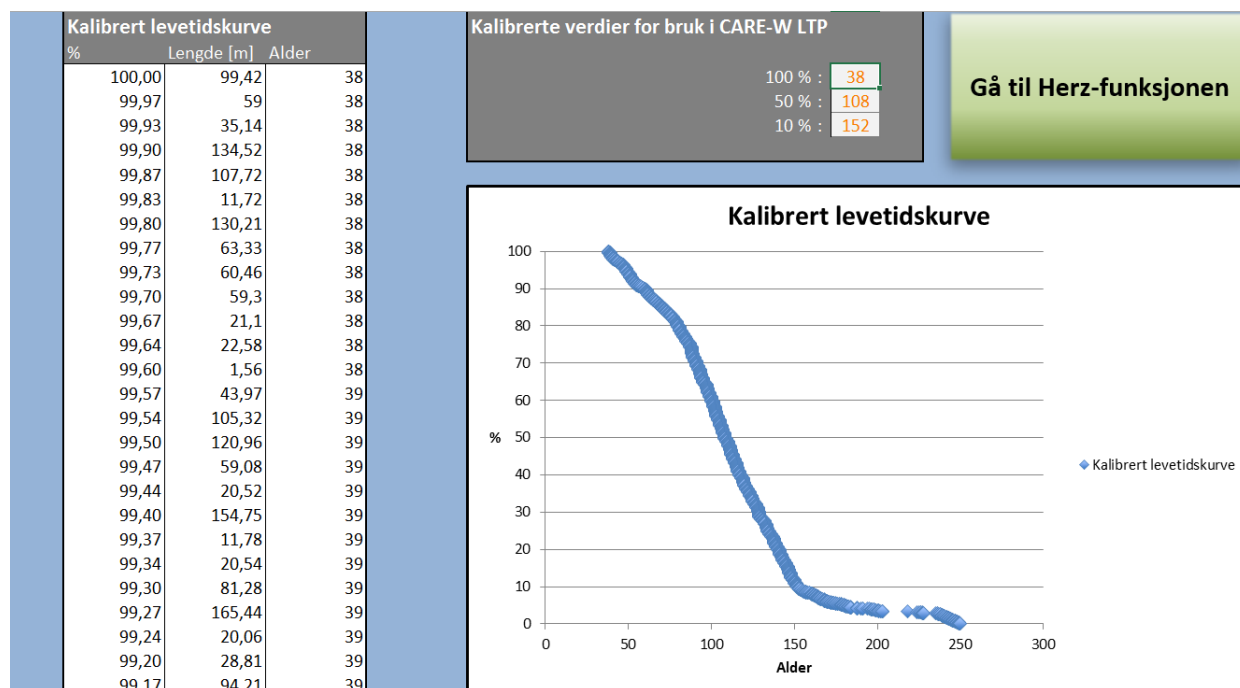
Figur 8. Kalibreringskurve (fra kalibreringsfunksjonen) med en tilpasset Herz funksjon.

Kalibreringens hensikt er å optimalisere nivå av ytelse vs. kostnader ved å finne en optimal balanse mellom disse (se Figur 9), og dermed legge grunnen for bærekraftige investeringer over livsløpet til et ledningsnett.



Figur 9. En balansert levetidsfunksjon har en optimal balanse mellom kostnader (utnytte levetiden til ledningene så mye som mulig) og ytelse /servicenivå (redusere driftshendelser og avbrudd i driften).

Figur 10 illustrerer en kalibrert levetidskurve utført med kalibreringsfunksjonen. I dette tilfellet er 100, 50 og 10 % percentilene kalibrert til å være henholdsvis 38, 108 og 152.



Figur 10. Illustrasjon av en kalibrert levetidskurve.

6 Veiledning til bruk av SOVAL programmet

Nedenfor følger en steg for steg veiledning i bruken av SOVAL. For hvert viktige punkt i programmet er det oppgitt en tekst med forklaring og et bilde som viser hvor i programmet vi befinner oss. Teksten etterfølges alltid av et bilde relatert til den oppgitte teksten.

Ved oppstarten av et nytt prosjekt kan man definere det ved å trykke på «nytt prosjekt». Når man har definert det kan man gå inn på det og begynne å fylle inn data. Eksisterende prosjekter man har opprettet tidligere har man tilgang til når man besøker programmet på nytt. Man har kun tilgang til disse tidligere prosjektene så lenge man benytter seg av samme pc. Hvis man benytter en ny pc må man opprette prosjektet og fylle inn data på nytt. Grunnen til dette er sikkerhetsnivået på programmet. Ingen data sendes ut fra den lokale pc'en da alle beregninger utføres lokalt.



B for VA-nett

Velkommen

Velkommen til B for VA-nett!

Prosjekter

[Prosjekt 1](#)



[Webinar juni 2024](#)



+ Nytt prosjekt

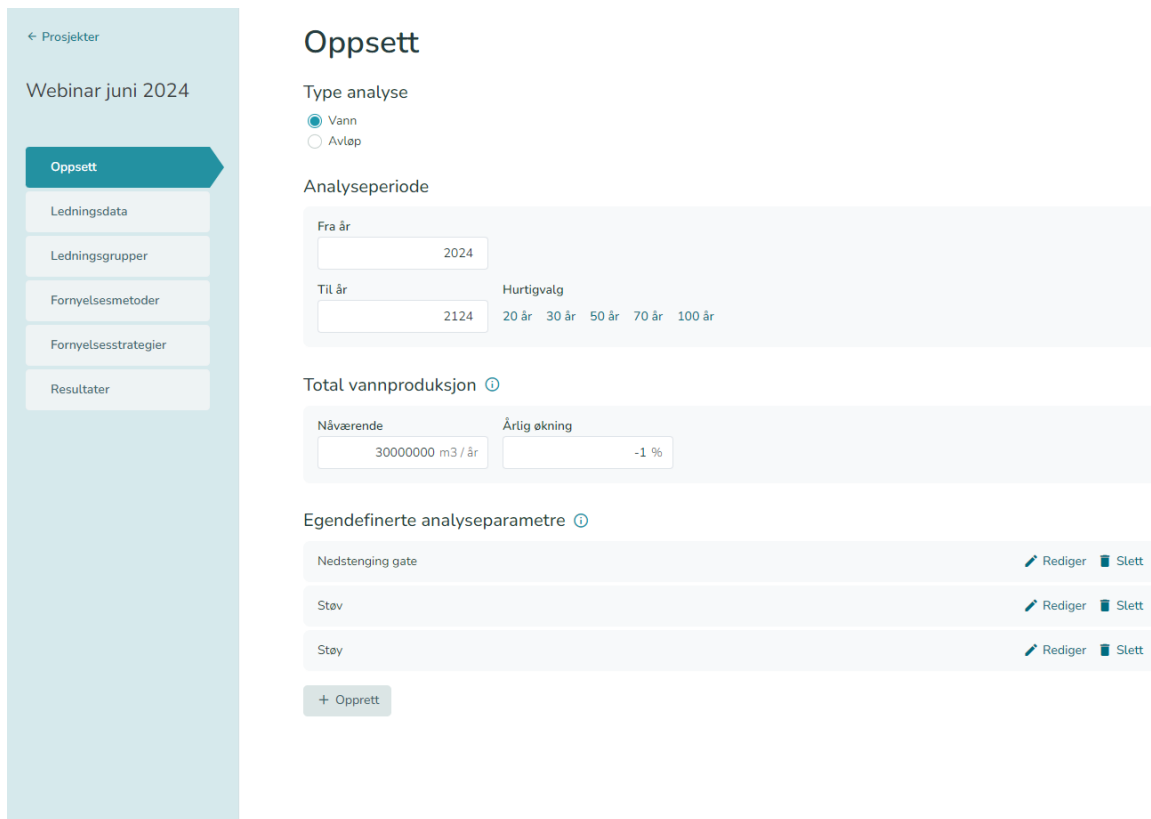
NB! DET ER VIKTIG Å BEMERKE AT MAN ALLTID MÅ TRYKKE 'LAGRE' ETTER AT MAN HAR FYLT INN VERDIER. GÅR MAN VIDERE UTEN Å TRYKKE 'LAGRE' MÅ MAN FYLLE INN VERDIENE PÅ NYTT.

OPPSETT

Her skal grunnlagsdata fylles inn, blant annet om man skal analysere vann eller avløpsnett, hvor lang analyseperiode man ønsker (antall år framover i tid), og man kan definere egne parametere som man ønsker å analysere på. Man kan definere en rekke egne parametere, så lenge at de kan defineres av en enhetsverdi relatert til fornyelse. Eksempler på dette er:

- Nedstenging av gate: antallet dager per meter bygget ledning
- Støy: grad av støy per meter fornyet ledning

Vannproduksjon/totalt rensset vann benyttes til å vurdere effekten av fornyelse på lekkasjerate (drikkevannsnett) og fremmedvann (avløpsnett).



Programmet består av 6 hovedbolker som kort kan oppsummeres med følgende:

OPPSETT:

Grunnleggende informasjon om kommunens ledningsnett og analysen man ønsker å gjennomføre.

LEDNINGSNDATA:

Opplasting av kommunens data (laster inn input-fil). Kort oversikt over kommunens nett.

LEDNINGSGRUPPER:

Definisjon av de ulike ledningsgruppenes forventede levetider.

Definisjon av parametere som viser kvaliteten til de ulike ledningsgruppene (for eksempel lekkasjerate).

FORNYELSESMETODER:

Definisjon av hvilke metoder man ønsker å fornye det eksisterende ledningsnettet med. Dette kan være graving, flere ulike typer no-dig (ikke strukturelt belegg), strukturell no-dig, graving og fornyelse sammen med avløp, etc. Alle metoder man skal benytte seg av må beskrives her, sammen med forventet levetid av disse metodene. Sentrale økonomiske, miljømessige og sosiale parametere kan også defineres her om man ønsker å gjennomføre en utvidet analyse.

FORNYELSESTRATEGIER:

Her definerer man hvordan man ønsker å benytte seg av fornyelsesmetodene. Man definerer hvilke ledningsgrupper som skal fornyes med de ulike fornyelsesmetodene, og man definerer hvor stor andel av fornyelsesmetodene man skal benytte seg av.

Kort forklart kan to ledningsgrupper fornyes på helt forskjellige måter, for eksempel:

- Nye støpejernsledninger kan fornyes med 80 % ikke-strukturell no-dig og 20 % graving
- Eldre grå støpejernsledninger kan fornyes med 50 % strukturell no-dig og 50 % graving.

Det er mulig å variere denne sammensetningen for å se hvilken effekt dette har på fremtidige kostnader, CO-2 utslipp etc. På denne måten kan man lete seg fram til den mest optimale fornyelsesstrategien mhp kostnader, miljøvennlighet, lave sosiale påvirkninger etc.

RESULTATER:

Her vises alle resultatene i form av figurer. De resultatene som vises er avhengig av hvilke data man har puttet inn i programmet. Se tabell lenger ned for oversikt. Man kan laste ned alle resultater til sin pc i form av figurer eller tabeller.

For analyse vann:

Total vannproduksjon: total vannmengde inn til nettet som skal analyseres. Hvis flere anlegg leverer vann, skal disse summeres. Brukes for å anslå lekkasjer. Angi dagens verdi og anslå en forventet økning eller reduksjon i prosent. Reduksjon angis ved å sette '-' foran prosentverdi.

For analyse avløp:

Totalt rensert vann: total vannmengde fra nettet som skal analyseres til renseanlegg. Hvis flere anlegg mottar vann, skal disse summeres. Brukes for å anslå innlekking (fremmedvann). Angi dagens verdi og anslå en forventet økning eller reduksjon i prosent.

Total vannproduksjon ⓘ

Nåværende	Årtlig økning
<input type="text" value="30000000 m3 / år"/>	<input type="text" value="-1 %"/>

Totalt rensset vann ⓘ

Nåværende	Årlig økning
<input type="text"/> m ³ / år	<input type="text"/> %

Egendefinerte analyseparametere:

Som standard kan følgende parametere analyseres:

For analyse vann: bruddrate, lekkasjerate, CO₂.

For analyse avløp: tilstopningsrate, innlekking, CO₂.

Du kan her definere egne parametere med navn og enhetsverdi. Alle parametere som kan angis med en enhetsverdi kan føres inn som en egendefinert parameter.

Egendefinerte analyseparametre ⓘ

Nedstenging gate	 Rediger	 Slett
Støv	 Rediger	 Slett
Støy	 Rediger	 Slett
 Opprett		

LEDNINGSDATA

Input data / Ledningsdatafil:

Under **Ledningsdata** laster man opp en ledningsfil med alle ledningene som skal analyseres.

Ledningsdata

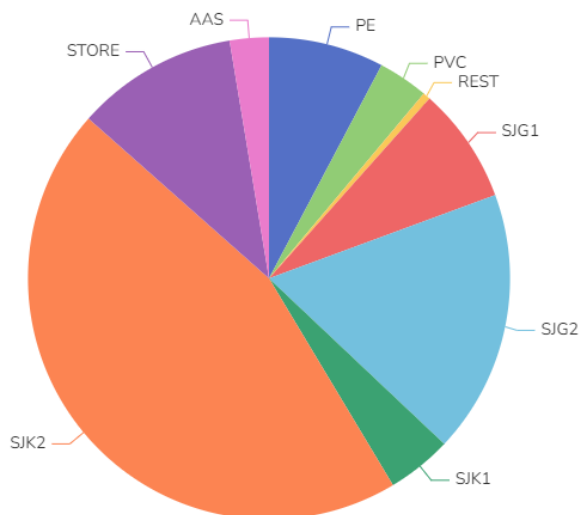
Last inn data [?](#)



Antall ledninger	16 426
Total lengde	919 243,57 m

Ledningstyper

PE PVC REST SJG1 SJG2
SJK1 SJK2 STORE AAS



På forhånd tilrettelegges en csv-fil med én rad pr ledning med følgende data; *anleggsår, ledningsgruppe og lengde.*

Inputfilen har derfor 3 kolonner.

En csv. fil kan enkelt lages ved å lagre en excel fil som en .csv fil. Trykk da «lagre som» i excel og velg .csv der hvor man velger type fil.

Filen skal ikke ha heading for kolonne i øverste rad. Her er eksempel på fil:

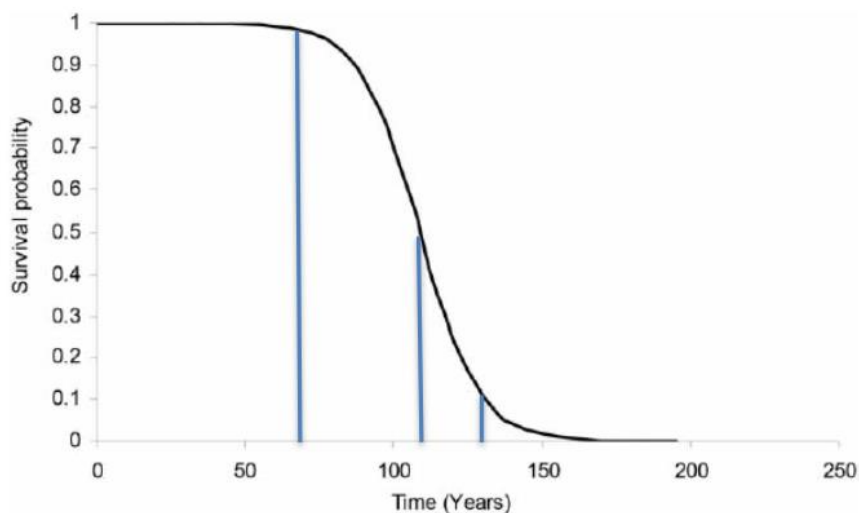
```
1989;små_SJ;93.21
1989;SJK2;39.82
1989;PVC;39.63
1989;SJK2;16
1989;SJK2;113.03
1989;små_SJ;102.07
1989;SJK2;18.67
1989;SJK2;73.03
1989;SJK2;127.21
1985;SJK2;26.51
1985;SJK2;83.88
1985;SJK2;43.18
1985;SJK2;15.53
```

LEDNINGSGRUPPER

For hver ledningsgruppe angis:

Forventet levetid for 100 %, 50 % og 10 % overlevelse.

Her angis estimater om levetid for ulike grupper av ledninger. 100 %-verdien er forventet tid til første utskifting/rehabilitering. 50 %-verdien er gjennomsnittlig forventet levetid og 10 %-verdien estimerer hvor lenge de beste ledningene kan overleve. I figuren nedenfor er de tre levetidene 70, 120 og 130 år.



For bedre estimater kan kalibreringsfunksjonen anvendes. Denne kan lastes ned fra B for VA-nett nettsiden. En kort veiledning for denne funksjonen er vist tidligere i dette dokumentet.

Antatte levetider må oppgis for alle gruppene for at man skal få frem noen resultater.

Ledningsgrupper
PE
PVC
REST
SIG1
SIG2
SIK1
SIK2
STORE
AAS

PE

Levetider ⓘ

Hent forhåndsdefinert verdi... ⓘ

100 %

 år

50 %

 år

10 %

 år

Tilstopningsrate ⓘ

Antall tilstopninger

 / km / år

Årlig økning

 %

Fremmedvann ⓘ

Innlekkingsrate

 m³ / km / år

Årlig økning

 %

Forhåndsdefinerte levetider kan benyttes i en testfase. Disse er basert på gjennomsnittlige verdier for ledningsgrupper i Norge og gir derfor en god pekepinn på forventede levetider. Har man nok data tilgjengelig anbefales det å bruke egne lokale verdier for levetid da dette gir en mer korrekt fremstilling av virkeligheten for den lokale kommune. Det er store lokale variasjoner mellom kommunene.

Forhåndsdefinerte levetider (nasjonale gjennomsnitt) finner man i kapittel 4.1.1.

For analyse vann:

Bruddrate angis som antall brudd pr km ledning pr år.

Forventet årlig økning/reduksjon angis i prosent.

Lekkasjerate angis som lekkasjemengde pr km ledning pr år.

Forventet årlig økning/reduksjon angis i prosent.

Dersom egne parametere er definert tidligere, må disse også angis her.

PE

Levetider ⓘ

Hent forhåndsdefinert verdi... ⓘ

100 %
 år

50 %
 år

10 %
 år

Bruddrate ⓘ

Antall brudd / km / år

Årlig økning %

Lekkasjerate ⓘ

Lekkasjerate m³ / km / år

Årlig økning %

For analyse avløp:

Tilstoppingsrate angis som antall tilstoppinger pr km ledning pr år.

Forventet årlig økning/reduksjon angis i prosent.

Fremmedvann angis som innlekket vannmengde pr km ledning pr år.

Forventet årlig økning/reduksjon angis i prosent.

Dersom egne parametere er definert tidligere, må disse også angis her.

PE

Levetider ⓘ

Hent forhåndsdefinert verdi... ⓘ

100 %

 år

50 %

 år

10 %

 år

Tilstopningsrate ⓘ

Antall tilstopninger

 / km / år

Årlig økning

 %

Fremmedvann ⓘ

Innlekkingsrate

 m³ / km / år

Årlig økning

 %

FORNYELSESMETODER

I denne bolken skal det defineres hvilken metode/hvilke metoder det eksisterende ledningsnett skal fornyes med. Man kan definere én eller flere typer metoder for fornyelse, for eksempel utskiftning/åpen grøft, ikke-strukturell no-dig (belegg), strømpeføring etc. Forventet levetid (100%, 50% og 10 % verdier) må også defineres for fornyelsesmetodene. I tillegg må man definere bruddrate, lekkasjerate etc. om man ønsker å se på utviklingen av disse parameterne som en funksjon av fornyelses.

Kort forklart må følgende data inn for å kunne presentere følgende analyser/resultater:

Tabell 30. Nødvendig input data for diverse resultater.

Data inn	Analyse/resultater som kan presenteres
Levetid ledningsgrupper + levetid fornyelsesmetoder. Fornyelsesstrategien må defineres for at disse resultatene skal vises, men strategien er bare en sammensetning av fornyelsesmetodene.	Fornyelsesbehov (km/år) + nødvendig fornyelsesrate (% av ledningsnett) + fremtidig ledningsbestand.
Enhetskostnad (NOK/meter ledning) for fornyelsesmetoder.	Investeringsbehov.
CO-2 utslipp per meter ledning for.	CO-2 utslipp.
Bruddrater (tilstoppingsrate for avløp) for ledningsgrupper og fornyelsesmetoder.	Bruddrate for ledningsnett og ledningsgrupper. Antallet brudd for ledningsnett og ledningsgrupper.
Lekkasjerate (fremmedvannsmengde for avløp) for ledningsgrupper og fornyelsesmetoder.	Lekkasjerate for ledningsnett og ledningsgrupper.

Under bolken RESULTATER vil det for øvrig gis en oversikt over hvilke input data man mangler for å få opp de resultatene man ønsker. I figuren under er det oppgitt at man mangler levetider (for ledningsgrupper + fornyelsesmetoder), fornyelsesstrategi og bruddrater for å få opp resultater for fremtidig forventet bruddrate i ledningsnett.

← Prosjekter

Webinar juni 2024

- Oppsett
- Ledningsdata
- Ledningsgrupper
- Fornyelsesmetoder
- Fornyelsesstrategier
- Resultater**

Levetidsfunksjoner ⓘ
Levetidsfunksjon per ledningsgruppe
Levetidsfordeling per ledningsgruppe
Resultater ⓘ
Fornyelsesrate for ledningsnett
Fornyelsesrate per ledningsgruppe
Fornyelsesbehov for ledningsnett
Fornyelsesbehov per ledningsgruppe
Ledningsbestand
Investeringsbehov
CO2-utslipp
Bruddrate for ledningsnett
Bruddrate per ledningsgruppe
Antall brudd for ledningsnett
Antall brudd per ledningsgruppe
Lekkasjerate for ledningsnett
Lekkasjerate per ledningsgruppe
Egendefinerte analyseparametre ⓘ
Nedstenging gate
Støv
Støy

Bruddrate for ledningsnett

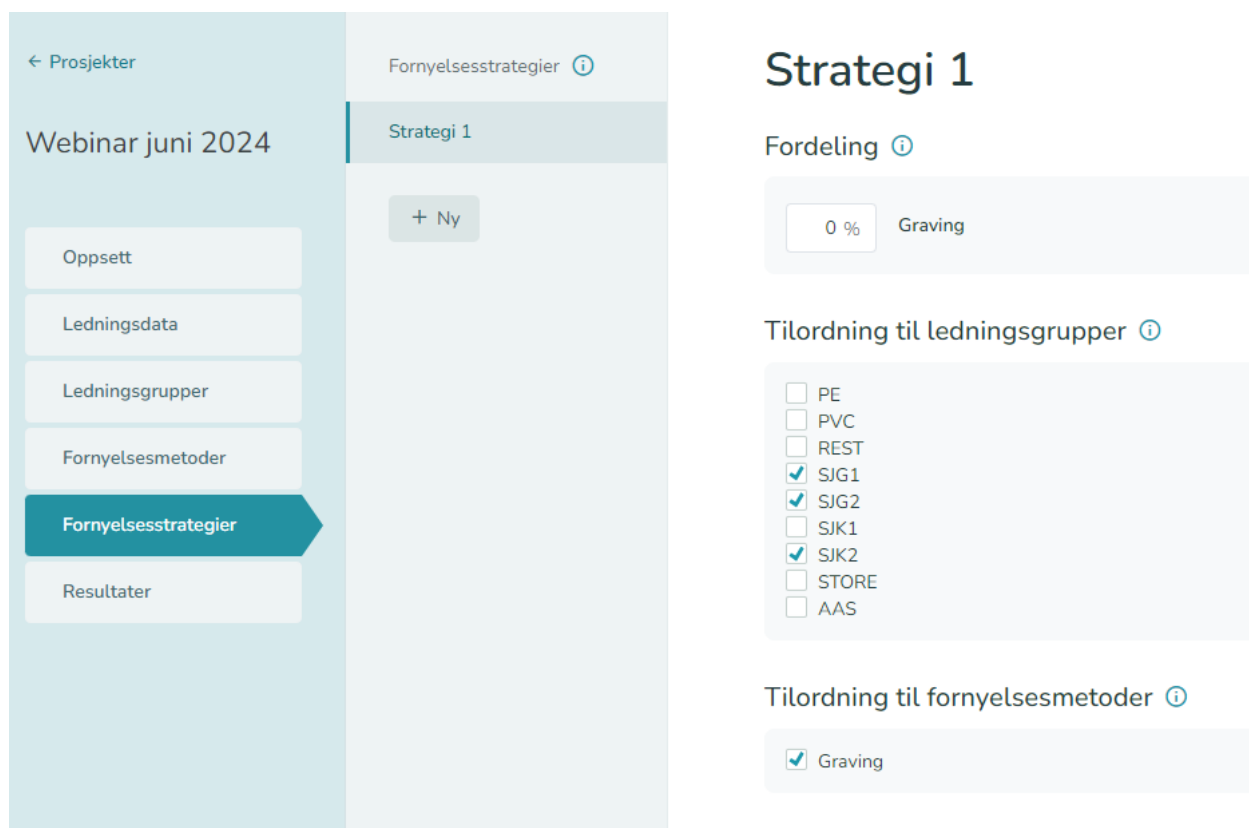
Det mangler data som er nødvendig for å utføre beregningen

Ledningsgrupper

- × PE
 - Mangler levetider
 - Mangler fornyelsesstrategi
 - Mangler bruddrate
- × PVC
 - Mangler levetider
 - Mangler fornyelsesstrategi
 - Mangler bruddrate
- × REST
 - Mangler levetider
 - Mangler fornyelsesstrategi
 - Mangler bruddrate
- × SIG1
 - Mangler levetider
 - Mangler fornyelsesstrategi
 - Mangler bruddrate
- × SJG2
 - Mangler levetider
 - Mangler fornyelsesstrategi
 - Mangler bruddrate
- × SJK1
 - Mangler levetider
 - Mangler fornyelsesstrategi
 - Mangler bruddrate
- × SJK2
 - Mangler levetider
 - Mangler fornyelsesstrategi
 - Mangler bruddrate
- × STORE
 - Mangler levetider
 - Mangler fornyelsesstrategi
 - Mangler bruddrate
- × AAS
 - Mangler levetider
 - Mangler fornyelsesstrategi
 - Mangler bruddrate

FORNYELSESSTRATEGIER

I denne bolken skal det defineres hvordan de ulike fornyelsesmetoder (definert i forrige bolk) skal benyttes til å fornye det eksisterende ledningsnett, inkludert prosentandel som skal benyttes av hver metode, og hvilke metoder hver ledningsgruppe skal fornyes med. Her kan det testes ulike strategier (ulike sammensetninger av metoder og prosentandeler) for å identifisere de beste strategiene for å redusere kostnader, utslipp, lekkasjer/fremmedvann etc. over analyseperioden.



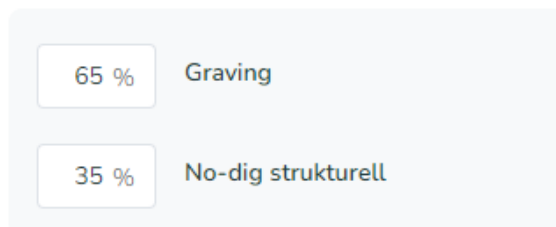
The screenshot shows a web application interface for defining renewal strategies. On the left is a sidebar with a menu: 'Webinar juni 2024', 'Oppsett', 'Ledningsdata', 'Ledningsgrupper', 'Fornyelsesmetoder', 'Fornyelsesstrategier' (highlighted), and 'Resultater'. The main content area is titled 'Fornyelsesstrategier' and shows 'Strategi 1' with a '+ Ny' button. To the right, the configuration for 'Strategi 1' is shown. It includes a 'Fordeling' section with a '0 %' input and 'Graving' label. Below that is 'Tilordning til ledningsgrupper' with a list of methods: PE, PVC, REST, SJG1, SJG2, SJK1, SJK2, STORE, and AAS. SJG1, SJG2, and SJK2 are checked. At the bottom is 'Tilordning til fornyelsesmetoder' with 'Graving' checked.

Fordeling:

Legg inn prosentandel som skal benyttes av hver fornyelsesmetode. Den fordelingen som angis vil kun benyttes for de ledningsgrupper som det hakes av for under 'Tilordning til ledningsgrupper' og 'Tilordning til fornyelsesmetoder'. For de andre ledningsgrupper kan det tildeles andre typer fornyelsesmetoder og fordelinger ved å definere ny fordeling av metoder gjennom knappen '+ Ny'.

Strategi 1

Fordeling



'Tilordning til ledningsgrupper':

Hak av for hvilke ledningsgrupper den valgte strategien (fordeling av fornyelsesmetoder) skal benyttes. Man kan velge alle eller noen, det er opp til hver enkelt bruker, Totalt sett må alle ledningsgrupper være angitt med en strategi. Som et eksempel kan det hende at man har en stor andel SJG ledninger i bysentrumsnære områder, noe som medfører at man ønsker å benytte en stor andel gravefri metoder for disse. Da kan man lage en egen strategi for disse gruppene, og man kan lage en annen strategi med høyere andel graving for de andre ledningsgruppene.

Tilordning til ledningsgrupper

<input type="checkbox"/>	PE
<input type="checkbox"/>	PVC
<input type="checkbox"/>	REST
<input checked="" type="checkbox"/>	SJG1
<input checked="" type="checkbox"/>	SJG2
<input type="checkbox"/>	SJK1
<input checked="" type="checkbox"/>	SJK2
<input type="checkbox"/>	STORE
<input type="checkbox"/>	AAS

'Tilordning til fornyelsesmetoder':

Hak av for hvilke fornyelsesmetoder den valgte strategien skal benyttes. Dette gjelder den fremtidige fornyelsen av fornyelsesmetodene, da disse også i framtiden vil ha behov for fornyelse.

I praksis betyr figuren under at de nye ledningene som legges via fornyelsesmetoden 'Graving' i dag vil fornyes i framtiden med 65 % graving og 35 % no-dig (se figur lenger opp), den gangen disse nye ledningene vil ha behov for å bli fornyet.

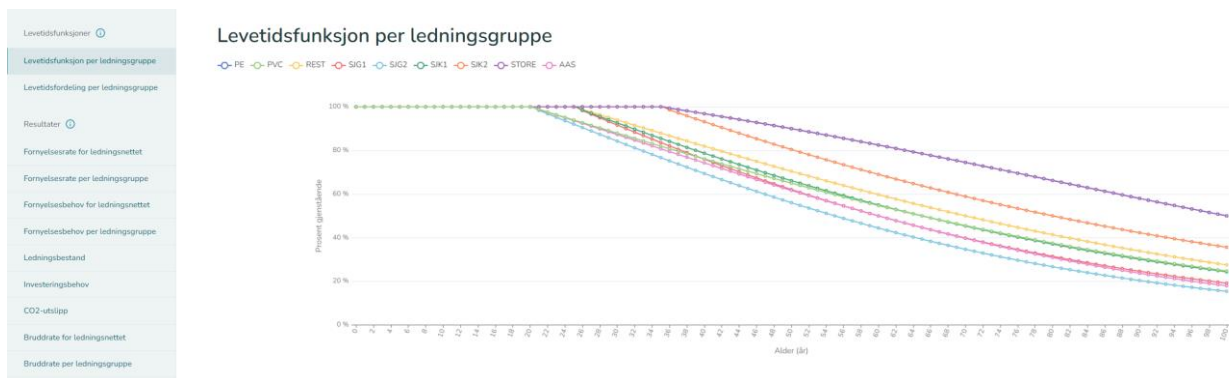
Tilordning til fornyelsesmetoder

- Graving
- No-dig strukturell

RESULTATER

Levetidsfunksjoner:

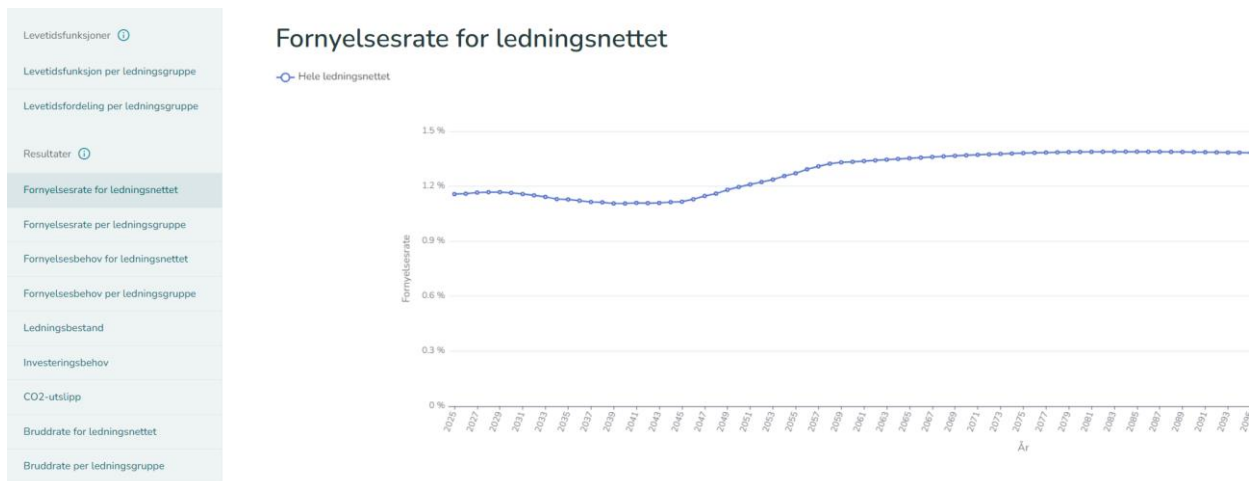
Figurene viser levetidskurver og levetidsfordeling for ledningsgruppene (definert under bolken 'Ledningsgrupper') som brukes i beregningene, og forventet levetidsfordeling (aldersfordeling/sannsynlighetsfordeling) for hver enkelt gruppe.



Resultater:

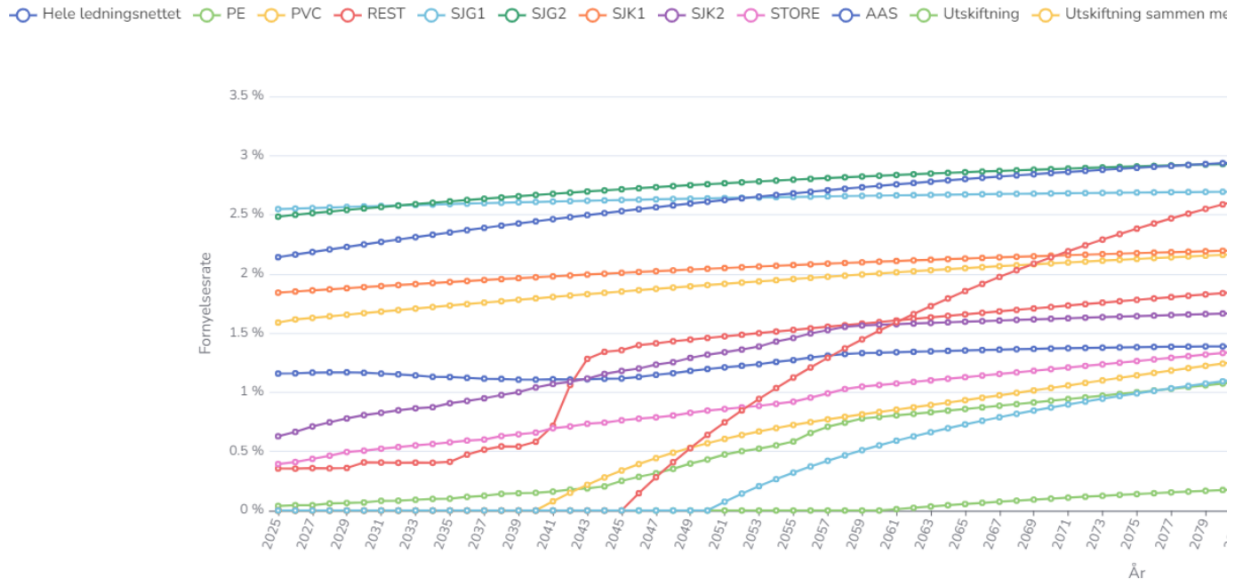
Figurene viser resultater fra beregninger utført basert på ledningsgruppene med de fornyelsesmetoder og fornyelsesstrategier definert i de tidligere bolkene. Resultater vises kun for de parametere hvor nødvendig input data er definert. Manglende input parametere for ytterligere beregninger angis for hver utregning. Resultater (i form av figur og tabell i excel) kan lastes ned via link til høyre ovenfor hver figur.

Eksempel på resultat er følgende (nødvendig fremtidig fornyelsesrate):



I figuren under er fornyelsesraten for ledningsnettene ovenfor vist som en funksjon av nødvendig fornyelsesrate per ledningsgruppe:

Fornyelsesrate per ledningsgruppe



Egendefinerte analyseparametere:

Nederst på 'Resultater' siden får man opp resultatene fra de egendefinerte analyseparametere. Hvis man ikke har definert noen slike parametere selv vil det ikke vise noe her.

Figurene viser resultater for beregninger av de egendefinerte analyseparametere. Disse er definert i bolkene 'Oppsett' og 'Fornyelsesmetoder'.

Resultater (i form av figur og tabell i excel) kan lastes ned via link til høyre ovenfor hver figur.

Egendefinerte analyseparametre i

Nedstenging gate

Støv

Støy