



Noregs miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgåve 2023 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Bruk av Vannverkregisteret for å vurdere tilstanden til det norske drikkvassnettet

The use of the Waterwork Registry to assess the
condition of the Norwegian drinking water network

Olav Henjum
Vann- og miljøteknikk

Forord

Denne masteroppgåva markera avslutninga mi som student ved linja Vann- og miljøteknikk ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet. Oppgåva er skreve under NMBUs fakultet for realfag og teknologi våren 2023 og tilsvara 30 studiepoeng.

Ein av grunnane til at eg valte å spesialisera meg innanfor vatn og avløpsteknikk etter min bachelorgrad, var interessa i korleis vatn blei transportert rundt på eit stort, usynleg leidningsnett som gav reint drikkevatt i springen. Dermed blei eg oppmerksam då eg såg at Folkehelseinstituttet hadde lagt ut eit forslag til oppgåva, som gav meg moglegheita til å jobba med analysar på leidningsnettet til Noreg. Oppgåva har gitt meg mykje nyttig kunnskap og erfaring, som kjem til å hjelpa meg når eg no skal ut i arbeidslivet.

Frå Folkehelseinstituttet vil eg gjerne takka Marianne Steinberg som kom med forslaget til oppgåva og som har engasjert og hjelpt meg gjennom heile prosessen. Vidare vil eg takke Carl Fredrik Nordheim som har gitt god innføring i datagrunnlaget som er brukt.

Ein stor takk til rettleiaren min Vegard Nilsen, som har vore tilgjengeleg til ein kvar tid og gitt gode tilbakemeldingar og nyttige innspel til oppgåva.

Tusen takk til familie og venner for godt støtte og motivasjons gjennom arbeidet med oppgåva. Ein spesiell takk til min bror Helge Henjum, som har hjelpt meg enormt mykje i innspurten.

Til slutt vil eg takka mine medstudentar for ein fantastisk studietid her på Ås dei siste to åra.

Ås, mai 2023

Olav Henjum

Samandrag

I dag har Noreg ei høg mengd lekkasjar på dei kommunale vassleidningane samanlikna med nabolanda. Dette har store konsekvensar for kvaliteten på drikkevatnet, økonomien, og miljøet. Årsaka er at fornyingstakten på vassleidningar er får låg i forhold til behovet for utskifting samt eit stort etterslep på vedlikehald av vassleidningar. For å redusere lekkasjedelen, krevst det derfor tiltak.

Kvart år sender kommunane regelmessig inn data som omhandlar vasskvaliteten og tilstanden på leidningsnett til Mattilsynet. Mykje av informasjonen frå rapporteringane blir samansett og presentert årleg i ein rapport skrevet av Folkehelseinstituttet. Dei har som formål å illustrera statusen på leidningsnett og drikkevasskvaliteten til befolkninga. Det er likevel mykje av informasjonen som er utforande å analysera på grunn av usikkerheitene i dei innrapporterte dataa.

I denne studien blei det gjort analysar av dei innrapporterte dataa som organisera informasjonen med hensikt for å gi betre oversikt over leidningsnett. Det blei framstilt trendar og endringar for ulike leggjeperiodar, material og lekkasjereperasjonar for å gi ein vurdering på kvaliteten til dataa som blir rapportert inn frå kommunane. Det blei også utført ei regresjonsanalyse som kan estimere korleis leidningsnett kan sjå ut i 2040.

Frå analysearbeidet var det mogleg å trekka samanhengar mellom trendane ein såg og den historiske bakgrunnen om leidningsnett til Noreg, samt estimere korleis leidningsnett vil sjå ut i framtida. Det er derimot ein del unormale trendar som auking av leidningslengde i utgåtte periodar og unaturlege observasjonar. Årsaka til dette var det utdaterte rapporteringssystemet, som resulterer i at dataa som rapporterast inn er svært generelle og at det må gjerast manuelt. Dette fører til at kvaliteten på rapporteringa blir personavhengig og manglar detaljar som er nødvendige for en grundig analyse.

Oppgåva konkludera med at den innrapporterte dataa kan illustrere estimat over korleis leidningsnett i Norge ser ut i dag og utvikla fram mot 2040 , men at det vil likevel ikkje bidra til å forbetre strategien for leidningsfornyng på grunn av den betydeleg usikkerheita. Oppgåva anbefaler at ein samanfatar større mengde med historiske data som kan tydeleggjere trendane og redusere usikkerheita.

Summary

Today, Norway has a high number of leaks in its municipal water pipelines compared to neighboring countries. This has significant consequences for the quality of drinking water, the economy, and the environment. The reason is that the rate of pipeline renewal is too low in relation to the replacement needs, as well as a large backlog in pipeline maintenance. Measures are therefore required to reduce the proportion of leaks.

Each year, municipalities regularly submit data concerning water quality and the condition of the pipeline network to the Norwegian Food Safety Authority. Much of the information from these reports is compiled and presented annually in a report written by the Norwegian Institute of Public Health. Its purpose is to illustrate the status of the pipeline network and the drinking water quality for the population. However, much of the information is challenging to analyze due to uncertainties in the reported data.

This study conducted analyses of the reported data to organize the information with the aim of providing a better overview of the pipeline network. Trends and changes were presented for different time periods, materials, and leak repairs to assess the quality of the data reported by the municipalities. A regression analysis was also performed to estimate how the pipeline network might look in 2040.

From the analysis work, it was possible to identify correlations between the observed trends and the historical background of Norway's pipeline network, as well as estimate how the network will appear in the future. However, there are some abnormal trends, such as an increase in pipeline length in outdated periods and unnatural observations. The cause of this was the outdated reporting system, resulting in the reported data being very generalized and requiring manual input. This leads to the reporting quality being person-dependent and lacking the necessary details for a thorough analysis.

The thesis concludes that the reported data can illustrate estimates of the current state of Norway's pipeline network and its development towards 2040. However, it will not contribute to improving the strategy for pipeline renewal due to the significant uncertainty. The thesis recommends summarizing larger amounts of historical data to clarify the trends and reduce the uncertainty.

Innhald

Forord.....	i
Samandrag.....	ii
Summary	iii
Figurliste.....	vi
Tabelliste	vii
1 Innleiing.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling.....	1
1.3 Avgrensingar.....	2
2 Dagens kunnskap.....	3
2.1 Oppbygginga av det Norske drikkevassnettet.....	3
2.2 Materialbruk.....	4
2.2.1 Støypejernleidningar	4
2.2.2 Asbest/betongleidningar	4
2.2.3 Termoplastleidningar	5
2.2.4 Glasfiberarmert plastleidningar (GUP).....	5
2.3 Lekkasjeomfanget på det norske leidningsnett	5
2.4 Bransjemål for levetid og fornying	6
2.5 Kommunale leidningskartverk.....	7
2.6 Rapportering til Mattilsynet	7
2.7 Bruk av dei innrapporterte dataa.....	9
3 Metode	11
3.1 Datagrunnlag.....	11
3.2 Analyse	12
3.2.1 Utforskande analyse.....	13
3.2.2 Regresjonsanalyse	14
3.3 Intervju med kommunar	15
4 Resultat.....	16
4.1 Endring i leidningslengde av totale meter leidningar	16
4.2 Endring over tid av alle leggjeperiodar	16
4.2.1 Variasjonar med størrrelse på vassverk.....	18
4.2.2 Geografisk variasjon.....	19
4.3 Endring over tid av alle materialtypar	20
4.3.1 Variasjonar ved størrrelse på vassverka	22

4.3.2	Geografisk variasjon	22
4.4	Lekkasjereperasjonar	23
4.5	Regresjonsanalysen	25
5	Diskusjon	27
5.1	Forskingsspørsmål 1 : Endringar i leggjeperiodar og materialtype	27
5.1.1	Leggjeperiode	27
5.1.2	Material	28
5.2	Forskingsspørsmål 2: Lekkasjereperasjonar	29
5.3	Forskingsspørsmål 3: Leidningsnettets fram mot 2040	29
5.4	Forskingsspørsmål 4: Unaturlege tal i dei innrapporterte dataa	30
5.5	Forskingsspørsmål 5 Forbetringar av rapporteringssystemet av leidningsdata for drikkevatt i Norge.	31
5.6	Hovudspørsmålet : Kvaliteten på leidningsdata for drikkevatt i Norge	32
6	Konklusjon	33
6.1	Videre arbeid	33
	Referansar	34

Figurliste

Figur 1 Skjermbilde frå nettskjema hjå Mattilsynet som viser kva ein må innrapportere frå drikkevassprøvene.....	8
Figur 2 Skjermbilde får nettskjema til Mattilsynet der ein legg inn informasjonen og tilstanden til leidningsnettet.	9
Figur 3 Kart som viser Mattilsynet sin inndeling av ulike regionane i Noreg(Nordheim et al., 2022). .	14
Figur 4 Utvikling i den totale ledningslengda frå 2015-2021	16
Figur 5 Utviklinga i leidningslengda for alle leggjeperioder mellom 2015-2021.....	17
Figur 6 Endring i leidningslengde for leggjeperiode -1910 og leggjeperiode 1911-1940 frå 2015-2021	17
Figur 7 Endring i leidningslengde for leggjeperiode 1941-1970, leggjeperiode 1970-2000, leggjeperiode 2000- og leggjeperiode ukjent frå 2015-2021.....	18
Figur 8 Endring i leidningslengde av alle material frå 2015-2021	20
Figur 9 Endring i leidningslengde av asbestbetong , glasfiberarmert glasrøyr ,anna og ukjent materialar frå 2015-2021	21
Figur 10 Endring i leidningslengde Jern, PVC og Pel Peh materialar frå 2015-2021	21
Figur 11 Mengd lekkasjereparasjonar for heile leidningsnetta frå 2015-2021.....	23
Figur 12 Mengd lekkasjereparasjonar for dei ulike vassverkstørrelsane frå 2015-2021	24
Figur 13 Mengd lekkasjereparasjonar for dei ulike regionane frå 2015-2021.....	24
Figur 14 Regresjons av leidningslengda for alle leggjeperiodar mellom 1900 til 2040.....	25

Tabelliste

Tabell 1 Oversikt over kva type material som blei nytta for dei forskjellige leggjeperiodane (Ødegaard, 2014).....	4
Tabell 2 Fordelinga av dei innrapporterte data, delt opp i ulike datasett av Mattilsynet	11
Tabell 3 Oversikt over dataa som skal brukast til analysen, med namnet på datafeltet og tilhøyrande forklaring	12
Tabell 4 Endring i meter og prosentdel for dei ulike leggjeperiodane mellom 2015 og 2021.....	18
Tabell 5 informasjon av kva mange vassverk, total leidningslengde og kvar mange personar tilknytt i kvar kategori i 2021.....	18
Tabell 6 Endringar i leidningslengde for leggjeperiodane mellom 2015 og 2021 gitt i prosentdel av total størrelse på vassverka tilknytt	19
Tabell 7 Mengd vassverk, meter leidningslengde, og personar tilknytt fordelt utøve regionar i 2021	19
Tabell 8 Endringa er i leidningslengde for leggjeperidoane mellom 2015 og 2021 i prosentdel utav geografisk plassering.....	20
Tabell 9 Endring i ledning lengde målt i både meter og prosentdel for dei ulike materiala mellom 2015 og 2021	22
Tabell 10 Endringa er i leidningslengde for materialar mellom 2015 og 2021 i prosentdel utav størrelsane på vassverka	22
Tabell 11 Endringa er i leidningslengde for materialet mellom 2015 og 2021 i prosentdel utav geografisk plassering.....	22
Tabell 12 R-squared verdiar for kvar leggjeperiodane	25

1 Innleiing

1.1 Bakgrunn

Noreg er blant dei mest ressurssterke landa i verda når det gjeld ferskvatn. Dei siste to hundreåra har det blitt bygd opp eit langstrakt leidningsnett som skal levere trygt drikkevatn til innbyggjarane. I dagens samfunn er det nødvendig å oppretthalde infrastrukturen for å ha forsvarleg tilgang på hygienisk og godt drikkevatn. Det er eit fokus i vassbransjen at alle vassleidningar skal oppnå 100 års levetid og at fornyinga av vassleidningar er tilstrekkeleg etter det framtidige behovet. Til tross for at Noreg har fokus på lang levetid på vassleidningane, har Noreg størst lekkasjedel i Skandinavia. På landsbasis er det i snitt 30 % lekkasje på alle vassleidningar, medan det variera mellom 20-50 % i ulike delar av landet (SSB, 2022). I rapporten *State of the nations* av rådgivande ingeniørens forening (RIF, 2021) er det fastslått at stor lekkasjedel kan gi betydelege konsekvensar for miljøet og økonomien (RIF, 2021). Rapporten konkluderte også med at masse lekkasjar er ein stor helseisiko grunna innlekk av uønskt smittestoff som oppstår når det er undertrykk i vassleidningane. Årsaka bak det store lekkasjenivået skyldast at behovet for utskifting av leidningsnett er omfattande, og at det er eit stort vedlikehalds-etterslep. I starten av 2023 kom riksrevisjonen med rapporten *Myndighetens arbeid med trygt drikkevatn* (Riksrevisjonen, 2023). I rapporten er det lagt fram fleire konklusjonar som seier at leidningsfornyng må bli ein høg prioritering og at risikoen for forureining er høgast på leidningsnett etter drikkevassbehandling.

I drikkevatnforskrifta står det at vassforsyningssystem, som produserer meir enn 10m³ drikkevatn i døgnet, årleg skal rapportere inn til Mattilsynet (Lovdata, 2016). Rapporteringa som blir sendt inn skal innehalde analyseresultata frå råvassprøvar og drikkevassprøvar, samt relevant data om tilstanden til leidningsnett som vassverket forsyner. Mattilsynet har ansvaret for innrapporteringa og analysing av data, medan Folkehelseinstituttet har som oppgåve å arkivere og presentere dataa (Mattilsynet, 2020). I Riksrevisjonen blir det synt til at rapporteringsordninga for vassverka er veldig ressurskrevjande, og at det er for dårleg datakvalitet på det som blir sendt inn. I tillegg til dette er dei digitale verktøya i Mattilsynet lite egna for analyseformål og oppfølging av data (Riksrevisjonen, 2023).

Ved hjelp av organisering av data og statistiske analysar, kan ein få meir kunnskap og status angåande arbeidet om å fornye leidningsnett til Norge. Dette vil gje eit betre kunnskapsgrunnlag for å diskutere og prioritere avgjerder knytt til fornying av vassleidningar, samt forbetre fornyingstrategien innan leidningsnett til Noreg i framtida. Dette vil redusere lekkasjetalet på leidningsnett, samt redusere risikoen for forureining av drikkevatn og gje innbyggjarane i Norge høgkvalitets drikkevatn.

1.2 Problemstilling

Formålet med denne oppgåva er å analysere vassverksdata for å få betre innsikt i dagens leidningsnett, samt vurdere utviklinga innan leidningsnett i framtida om dagens fornyingstakt vert halden. Analysen vil basere seg på å systematisere data frå Mattilsynet, og studere korrelasjonar mellom ulike variablar. Eit hovudmål er å forstå kor godt rapporteringssystemet til Mattilsynet

fungerer og korleis kvaliteten på innrapporterte leidningsdata er. Oppgåva vil også ta for seg mindre forskingsspørsmål som skal underbygge hovudspørsmålet.

Hovudspørsmålet som ein skal svare på i denne oppgåva er:

Korleis er kvaliteten på det innrapporterte leidningsdata for drikkevatt i Norge?

Vidare skal følgjande forskingsspørsmål studerast i denne oppgåva:

- For kva slags leggjeperiodar og materialtypar ser vi størst endring, og varierer dette ut ifrå storleiken på vassverka og geografisk plassering?
- Korleis har lekkasjereparasjonar utvikle seg frå 2015 – 2021, og kva materialtype og leggjeperiode har flest lekkasjereparasjonar ?
- Kan ein estimere korleis leidningsnett vil sjå ut i 2040 med omsyn til samansetning av leggjeperiode viss ein antar at vi fortsett med dagens fornyingstakt?
- Dei innrapporterte dataa inneheld ein del unaturlege tal. Kva er årsaka til slike unaturlege tal i dei innrapporterte dataa?
- Kva tiltak kan gjerast for å forbetre rapporteringssystemet av leidningsdata for drikkevatt i Norge?

1.3 Avgrensingar

For å avgrense oppgåva vil resultat bli framstilt på eit nasjonalt nivå. Kommunar varierer utifrå størrelse, og kor god innrapportering og oversikt dei har over sitt eget leidningsnett. Oppgåva vil berre omhandla vassleidningar, så det vil ikkje bli gjort analyser med spill- og overvassleidningar. Mindre vassverk som forsyner færre enn 50 personar og interkommunale vassverk er ikkje inkludert i oppgåva.

2 Dagens kunnskap

2.1 Oppbygginga av det Norske drikkevassnettet

I Noreg består det kommunale leidningsnettet av vass-, avløp- og overvassleidningar. Delar av leidningsnettet har felles avløps- og overvassleidning. Dei fyrste moderne vassleidningane kom samtidige som dei fyrste vassverka på slutten av 1850-talet. På grunn av den aukande industrialisering, oppstod det fleire bybrannar og sjukdomsepidemiar på denne tida. Dermed blei behovet større for å utvikle eit leidningsnett (Johansen, 2004).

Tidleg på 1900-tallet vaks etterspørselen etter eit leidningsnett for større delar av Norge. Det var utfordrande med langstrakt geografi med spreidd befolkning. Likevel vart det lagt ned omfattande investering og utbyggingar. Ein viktig hending var etableringa av Vassverkforeininga i 1917, som hadde som formål å samla kunnskap og auke utviklinga mellom dei etablerte vassverka (Ødegaard, 2014).

Fram til midten av 1900-tallet blei gravingane av leidningar gjort for hand. Grøftearbeidet som blei utført vart gjort skikkeleg og presist, og resulterte i at leggjeperioden fram til andre verdskrig blir rekna som god. Frå 1950-tallet blei anleggsmaskiner introdusert i bransjen. Dette førte til at ein kunne grava djupare og langt meir effektivt enn tidlegare (Ødegaard, 2014). I 1953 blei det også danna ei drikkevassforskrift som hadde eit formål at alle vassverk skulle gjennomgå kvalitetskrav og kontroll, for bakteriell forureining og tilsig av skadelege stoff. På denne tiden var det vanskeleg, både økonomisk og praktisk å følgje krava med ein gang. Men det skapte eit samarbeid mellom dei forskjellige grupper som kunne på sikt tilpassa seg det nye regelverket (Johansen, 2004).

I perioden frå 1945 fram til 1970-tallet var Noreg opptatt av oppbygginga av nasjonen etter krigen. Auken i levestandar og befolkning førte til etablering av store mengder med leidningar og grøfter på kort tid. På grunn av den økonomiske situasjonen til Noreg på denne tida, blei det utnytta billige materiale med svakare haldbarheit. Under arbeidet med legging av nye leidningar var det lite kunnskap om korleis ein skulle grava gode grøfter med anleggsmaskiner. Blant anna blei det dei same massane lagt tilbake i grøfta, med ein uvissheit om kva påføring leidningar ville få. Ein såg heller ikkje risikoen med punktlaster for større steinar. Konsekvensen av dette gav stort sannsyn for setningsskadar og ujamn belastningar av leidningar. Som ein kombinasjon av dårleg materiale og mangelfull kunnskap på utføring, er det få leidningar lagt mellom 1945-1970-tallet som opprettheld målet om ei levetid på 100 år (Ødegaard, 2014).

Frå og med 1970-tallet blei det strengare krav til omfyllingsmassar og korleis ein skulle utføra grøftearbeidet. Det blei også vanleg at ein separerte avløps leidningar og overvassleidningar (Ødegaard, 2014). Gjennom 80-tallet, starta dei opp med ADK kurs, som var eit kurs for legging av leidningar. Det blei seinare på 80-tallet laga ein forskrift for at alle utførande måtte gjennom kurset får å blir sertifisert. Dette bidrog til å auke kvaliteten på grøftene. Forskrifta blei i seinare tid oppheva, men ordnings av sertifiseringa er vidareført av Norsk Vann (Norsk Vann, 2023). Det blei også eit sterkare samarbeid mellom gjennom materialprodusentane, kor dei samla kunnskap og erfaring. Det resulterte i at materialet fekk betre bereevne, samt blei meir motstandsdyktige mot ytre belastningar (Oddevald and Hansen, 2004).

2.2 Materialbruk

Gjennom utviklinga av leidningsnetta har det blitt brukt ulike type material til å transporter drikkevotnet. Tabell 1 viser ein oversikt frå Norsk Vann over kva materialar som blei brukt under dei ulike periodane frå 1850-tallet til i dag.

Tabell 1 Oversikt over kva type material som blei nytta for dei forskjellige leggjeperiodane (Ødegaard, 2014)

Materialtype	Leggeperiode
Grått støypejern	1860-1970
Seigt støypejern	1960-1970 1970-1990 1990-
Betong	1900-1945 1945-1970 1970-
GPR	1968-
PVC	1965-1980 1980-
PE	1965-

2.2.1 Støypejernleidningar

Støypejern er ein av dei mest brukte materiala på vassforsyningsnettet i Norge. På grunn av det sterke materialet, har det evna til å motstå store mengder trykk. Vassleidningar blei frå 1850-tallet bygd med grått støypejern. Det blei først støypt horisontalt i sandformar, men blei frå 1920 støypt vertikalt i roterande formar. Dette gav jamnare og mindre veggjukkleik på røyra (Oddevald and Hansen, 2004). Frå og med 1960 blei seige (duktile) støypejern introdusert på det norske marknaden. Det hadde høgare strekkfastheit og kunne støypast med redusert veggjukkleik i forhold til det gråe støypejernet. Det var likevel ein utfordring når materialet blei utsett for korrosjon, som resulterte i brot på det gråe støypejernet og gjennom-tæring på seigt støypejern. Frå og med 1970 blei det då implementert eit innvendig belegg av sementmørtel og eit utvendig belegg av sink/aluminium som skulle forhindra korrosjonen (Ødegaard, 2014).

2.2.2 Asbest/betongleidningar

Betongleidningar blei i hovudsak brukt som avløpsleidningar, men frå 1960-1985 blei asbestsement nytta til vassleidningar ettersom dette var billig materialet med same kvalitet og karakteristikk som støypejern (Oddevald and Hansen, 2004). På grunn av dårleg utføring i denne perioden vart det stor nedbrytinga av materialet noko som gav mange skader. Asbest er også eit helseskadeleg materiale, så på grunn av sjukdomsrisiko ved produksjon og reparasjon, blei det forbode i 1985 å legge røyr som inneheldt asbest. Det har vore diskutert om asbestbetong burde bli ein prioritering for utskifting. Det blei konkludert av Verdens helseorganisasjon (WHO) i 2003 at asbestrøyr som var lagd i bakken, ikkje

utgjorde ein trussel for økt helserisiko (WHO, 2003). Likevel sendte Norges miljøvernforbund ut eit brev i 2019 om at kommunane burde prioritere utskifting av asbestrøyr. Dermed blei det gjort ein ny vurdering av Mattilsynet, som konklurte med at det ikkje var nødvendig med eit nasjonalt tiltak for utskifting av asbestleidningar (Furuberg, 2021).

I dag blir det produsert vassleidningar av armert betong som er gunstig i større dimensjonar og blir hovudsakleg brukt som overføringsleidningar til store vassforsyningar på det kommunale nettet.

2.2.3 Termoplastleidningar

Vi kan dele termoplastleidningar inn i tre typar: PVC (polyvinylklorida), PE (polyetylen), og PP (Polypropylen). Fellesnemnaren for desse er at de består av termoplastiske materialar som kan mykjast og formast ved oppvarming, og behalde forma ved nedkjøling. Røyrtypane er best egna for små og mellomstore diameter der PVC- og PE røyr blir mest brukt som vassrøyr. Eigenskapar som låg vekt, motstandsdyktigheit mot høgt trykt og stor toleranse for deformasjonar, har ført til at termoplastrøyr blir mest brukt til fornying i dag (Ødegaard, 2014).

2.2.4 Glasfiberarmert plastleidningar (GUP)

Glasfiberarmert plast er eit produkt samansett av glasfiber, som er forsterka med eit armerande fyllstoff av plast. På lik linje som armert betong, blir GUP brukt for større dimensjonar på vassleidningar. På grunn av økonomiske gunstighet og robust mot kjemisk nedbryting, er GUP eit godt alternativ for store overføringsleidningar (Helseth, 2019).

2.3 Lekkasjeomfanget på det norske leidningsnettet

Av alt drikkevatt som blir transportert på det kommunale leidningsnettet, vil ein tredjedel av det aldri kome fram til forbrukaren. Statistisk Sentralbyrå har estimert at 31,5% av all kommunal vassleveranse forsvinn i lekkasje. I 2021 utgjorde dette 220 milliardar liter med vatn (SSB, 2022).

Det er fleire grunnar til at vi har eit veldig høgt lekkasjetal her i Noreg. Dei naturlege årsakene er store variasjonar i topografi og klima, som bidreg til å redusera levetida på vassleidningane. Mesteparten av råvasskjeldene er innsjøar, der tilkomsten er krevjande som krev lange overføringsleidningar for å få tilgang på vatn. Ved skilnadar i topografi vil også trykket variere mykje på eit leidningsnett. Ved både overtrykk og undertrykk, kan det forårsake sprekkskader og eventuelt leidningskollaps. Når det gjeld klima, er det store forskjellar på temperaturane gjennom dei forskjellige årstidene, og når jorda tiner opp etter vinteren, er det ofte hyppigare brot på vassleidningar. Dei menneskelege årsakene baserer seg på dårleg utførselen av leidningslegging, og lite fokus på fornying før ein lekkasje oppstår (Ødegaard, 2014).

I drikkevassforskrifta §1 står det at formålet bak forskriftene er å beskytte menneskets helse ved å stille krav om sikker levering og helsemessig trygt drikkevatt som er klart utan form av lukt, smak og farge (Lovdata, 2016). Videre i §15 og §16 blir det beskrive at distribusjonssystemet og materialar som brukast til transport av vatn skal driftast og handterast på ein tilfredsstillande måte som hindrar forureining (Lovdata, 2016). Riksrevisjonen poengterer at den største risikoen for forureina drikkevatt, er gjennom vassleidningar etter at vatnet har forlete vassbehandlingsanlegget

(Riksrevisjonen, 2023). Ved ein lekkasje vil vatnet strøyme ut og trykket vil søkka som gir moglegheit for uynskt bakteriar og virus til å intrenge vatnet. Dette utgjer ein stor risiko viss ein avløpsleidning i same grøft er utett (Ødegaard, 2014).

Norsk Vann har berekna at kostnaden for vatn som går tapt er omtrent 354 millionar kroner kvart år (Breen, 2019). Mykje av kostnaden baserer seg på at lekkasjevattnet frå vassleidningar renn inn i avløpsleidningar, tek med seg vatnet og overbelastar avløpsanlegga. På grunn av det store etterslepet på vedlikehald, er det ein økonomisk ugunstigeheit å behandle ein leidning som allereie har fått brot, enn å erstatta det systematisk på førehand.

Det er lite berekraftig med høge lekkasjetal i eit miljø og klimaperspektiv. Til tross for at Noreg har enorme mengder med ferskvatn, er ein avhengig av nedbør og snø gjennom året for å oppretthalde vassmengda. Sumaren 2018 gav eit innblikk i korleis klimaendringane kan gjera vassforsyningsgraden sårbar. Gjennom ei langvarig tørkevar det målt rekordlåge nivå på mange drikkevasskjelder i Norge. Vinteren 2021 gav også ei vintertørke, som kan gi utfordringar med vassmangel. Tørkeperiodar for både sumar og vinter er forventa å skje oftare med aukande påverknad av klimaendringar (Norsk klimaservicesenter, 2015).

2.4 Bransjemål for levetid og fornying

I 2014 vedtok regjeringa nasjonale mål for drikkevatt i Norge. Her blei det satt eit ambisjonsnivå om å ha ei fornyingsrate på 2 % i gjennomsnitt årleg fram til 2035 (Mattilsynet, 2014). Dette ambisjonsmålet bygde ikkje på noko fagleg grunnlag. I 2017 vedtok då Norsk Vann på eit årsmøte om *Nasjonal bærekraftstrategi for vannbransjen* kva den gjennomsnittlege fornyingsraten må vere innan 2040 får å oppretthalde infrastruktur til leidningsnett. Dei konkluderte med at den må ligge på 1,2 % (Norsk Vann). Samanlikna med historisk fornyingsrate er det ei stor utfordring å oppnå desse måla, då det i perioden 2015-2021 var ein gjennomsnittleg fornyingsrate på 0,71 % (SSB, 2022).

I Norsk Vann *sin rapport Kommunalt investeringsbehov for vann og avløp 2021 – 2040* blir det omtalt om det langsiktige fornyingsbehovet mot 2040 (Bruaset et al., 2021). Rapporten syner til at den nødvendig fornyingsraten burde ligge på 0,83 % i dag og auka stabilt opp til 0,93 % fram mot slutten av tiåret, og i 2040 kan det stabiliserer seg på 0,9 %. For å oppnå den nødvendige fornyingsraten, er det kalkulert eit investeringsbehov på 332 milliardar kroner fram mot 2040 innafor vassbransjen (Bruaset et al., 2021).

Eit viktig teknisk mål for å auka fornyingsraten, er at vassleidningar skal ha ei levetid på 100 år. Levetid er definert som kor lenge ein vassleidning kan forventast å fungera effektivt, før den må skiftast ut. Gjennom levetida, er det mogleg å reparere røyret, men viss det blir stadig hyppigare svikt, går den mot slutten av levetida. Alder, til forskjell frå levetid, referer til kor lenge ein vassleding har eksistert sidan den blei bygd. Så sjølv om alderen kan gi ein indikasjon på kor lenge ei leidning har eksistert, er det ikkje alltid ein indikator for kor lenge det er igjen av levetida til røyret. Då er det nødvendig med inspeksjon og testing for å fastslå nåverande tilstand og levetid. Gjennomsnittleg alder på vassnettet i dag er 34 år (Bruaset et al., 2021).

2.5 Kommunale leidningskartverk

Grunnlaget for planlegginga av leidningsnett til kommunane er basert på leidningsdatabasen. Alle kommunar har ein form for kartdata som inneheld eit leidningsregister. Det inneheld informasjon om eigenskapane til vassleidningane som diameter, material, byggjeår og driftsdata. Der finn ein også informasjon om brot og lekkasjarepraskonar på vassleidningar, samt stop i vassføringa. Formålet med leidningsregisteret er å sikre ein oversikt over viktige detaljer om vassleidningane som er avgjerande for effektiv drift. Informasjonen kjem til nytte for å identifisere problem og feil på nettverket, slik at ein kan reagere raskt for å forebygge og løysa problema (Ødegaard, 2014).

Kartbaserte datasett kan vera tilgjengeleg for offentlege myndigheiter og private selskap. Dette gjer det mogleg for tettare samarbeid og forbetra kommunikasjon ved utgreiing av eit leidningsnett (Ødegaard, 2014). For VA anlegg er det Gemini VA som er den brukte kartoperatøren. Gemini VA er eit geografisk informasjonssystem som dei fleste kommunar brukar til å loggføre data av leidningsnett. 90% av dagens kjente leidningsnett ligger i databasen (Løvik, 2010).

2.6 Rapportering til Mattilsynet

I 2021 vart det rapportert inn 50 340 260 meter med kommunale vassleidningar i Norge. Dei kommunale leidningane forsyner 83,3 prosent av den norske befolkninga med drikkevatt. Det svara til omtrent 4,5 millionar personar (SSB, 2022).

Gjennom dei siste hundreåra er det lagt enorme mengder meter vassrør, men rapporteringa av dei har variert. Før andre verdskrig var det lite form for rapportering, og informasjonen av material og plassering var basert på hugse frå fagfolket som utførde arbeidet. Det var ikkje før Drikkevassforskrifta trødde i kraft i 1953 at vassverka skulle registrerast inn i eit Nasjonalt register. All dokumentasjon vart gjort for hand (Johansen, 2004). Da teknologien utvikla seg mot slutten av 1950-tallet, kom det første forsøket på å automatisere rapportering av vassverk. Frå og med 1998 blei det fast samla inn årleg data til eit Vassverkreger (VREG) som FHI hadde ansvar for. Innsamlingansvaret blei seinare i 2010 overtatt av Mattilsynet som har ansvaret idag (Mattilsynet, 2020).

I drikkevassforskrifta §25 står det at alle vassforsyningar som produsere minst 10 m³ drikkevatt i døgnet skal rapporterast inn årleg til mattilsynet. Å produsere 10m³ med drikke vatn kan også definerast som vassverk som har 50 eller fleire brukarar tilknytt vassverket (Mattilsynet, 2020). Paragrafen baserar seg på to krav.

Det første er at vassforsyningsystema skal rapportera inn råvassanalysar og drikkevassprøvar etter §§20 og 21. §20 beskriv kravet til kor mange råvassprøvar skal takast frå drikkevasskjelda, utav kvar mykje vatn vassverka produsera. Formålet er å få analysert vatnets innhald av indikatorbakteriane *E.coli*, intestinale enterokokker og andre koliforma bakteriar, samt ulike parameter som farge, turbiditet og pH blant annet. §21 baserer seg på kravet til kvar mange vassprøvar som skal bli teken etter at vatnet er blitt behandla. Mengda av prøvar er avhengig av kor mange personar som er tilknytt vassverket. Resultata av vassprøvene har som formål å følgje ein risikovurdering som følgjer den norske og europeiske standarden (Lovdata, 2016).

Det andre kravet i §25 er at ein skal rapportera inn relevant data som er nødvendig for å ivareta Norges internasjonale rapporteringsforpliktingar. Dette er informasjonen om vassverkets namn, kvar

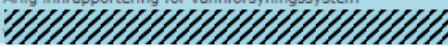

kommune den ligg i, mengd personar tilknytt, og kva region av landet den tilhøyrar. Vidare blir det spesifisert informasjon om leidningane på leidningsnettet, som mengda lekkasjereparasjonar og lengde på vassleidningar innafor spesifikke periodar og ulike material (Lovdata, 2016).

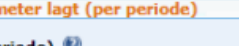
Rapporteringa gjennomførast ved eit nettskjema som Mattilsynet har etablert. Utfyllinga blir gjort manuelt, der Mattilsynet har lagt ut ein rettleiar som viser framgangsmåten for utførselen. Figur 1 og Figur 2 viser utklipp frå rapporteringsskjema som viser korleis oppsettet ser ut. Kommunar brukar i snitt 12 arbeidsdagar på å rapportere inn sine data årleg ved bruk av dette systemet (Mattilsynet, 2020).

Årlig innrapportering for vannforsyningssystem								
Sider i skjemaet	Registerer innrapportering							
	Type analyse	Plan antall	Utført antall	Antall ikke tilfredst.	Gj.snitt	Median	Maks	Min
Vannverk - Vannforsyningssystem	Farge (mg/l)							
	Turbiditet (NTU)							
Registerer/rediger stedsinformasjon	E. Coli (ant./100 ml)							
	Intestinale enterokokker (ant./100 ml)							
Drikkevannsprøver - behandlet Vannforsyningssystem	Kimtall 22° C (Ant./ml)							
	Koliforme bakterier (ant./100 ml)							
Transportsystem	Ammonium (mg/l)							
	Ledningsevne (mS/m v/20 °C)							
vannverk .Behandlingsanlegg	pH							
	1,2-dikloroetan (µg/l)							
vannverk Inntakspunkt	Antimon (µg/l)							
	Arsen (µg/l)							
	Benzen (µg/l)							
	Benzo(a)pyren (µg/l)							
	Bly (µg/l)							
	Bor (mg/l)							
	Bromat (µg/l)							

Figur 1 Skjermbilde frå nettskjema hjå Mattilsynet som viser kva ein må innrapportere frå drikkevassprøvene.

Registrer innrapportering

Type innrapportering: Årlig innrapportering for vannforsyningssystem
 Innrapporteringperiode: 
 Aktivitet: 

Transportsystem:  Vannbehandlingsanlegg

Antall meter lagt (per periode)

Før 1910:

1911-1940:

1941-1970:

1971-2000:

Etter 2000:

Ukjent leggingsperiode:

Antall meter lagt (per periode)

Rørmateriale

Asbest/sement m:

Jern/stål m:

PVC m:

PE m:

GUP m:

Annet m:

Ukjent materiale (i meter):

Totalt antall meter registrert

Antall meter lagt:

Rørmateriale:

Driftsdata

Antall meter fornyet (eksisterende ledningsnett):

Antall meter utvidet (nye ledningsstrek):

Antall lekkasjereparasjoner:

Avbrudd

Planlagte avbrudd (kundertimer/år):

Ikke-planlagte avbrudd (kundertimer/år):

Figur 2 Skjerm bilde får nettskjema til Mattilsynet der ein legg inn informasjonen og tilstanden til ledningsnett.

2.7 Bruk av dei innrapporterte dataa

Folkehelseinstituttet blir bedt av Mattilsynet å leggje ut ein årleg samstilling av data for vassforsyningar i Noreg. Gjennom rapporten samanstill og presenter dei nøkkeltal frå dataa som blir rapportert inn, samt nokon utvalde historiske trendar. Formålet bak rapporten er å setje lys på statusen til drikkevannet til Norge, som bidreg til å forbygget arbeidet til sikkert og godt drikkevann. Nøkkeltala blir også nytta av SSB, Folkehelseinstituttet, academia, Norsk Vann og andre aktørar som treng informasjon om norsk vassforsyning. Fokuset til Folkehelseinstituttet er primært å halde fokus

på helseaspektet knyta til vasskvalitet og potensielle helserisikoar forbundet med forureina vatn (Nordheim et al., 2022).

Andre organisjonar tek også i bruk rådataa til Mattilsynet. Norsk Vann har etablert verktøyet BedreVANN som nyttast til å evaluera tilstanden og kostanden knytt til kommunale vatn- og avløpstenestar. BedreVANN tar også i bruk data frå KOSTRA som gir det økonomiske aspektet til kommunane. Dette kan BedreVANN ta i bruk Norsk Vann måle- og vurderingssystem for å dokumentera effektivt tene og tilby kommunane anbefalte tiltak. Dermed kan kommunane og dei interkommunale selskapa få målt effekten ved tiltaka som blir gjennomført. I dag er det mange kommunar som brukar verktøyet, og Norsk Vann har som ambisjon å inkludera alle kommunane i Norge. På lik linje med Folkehelseinstituttet, blir det produsert ein årleg rapport som syner tilstands vurdering på det kommunale vann og avløpsnettet for kommunane som har delteke(BedreVANN).

3 Metode

I dette kapitlet er metoden for oppgåva presentert. Kapitlet tek føre seg datainnsamlinga som skal nyttast til grunnlag til analysar og vidare korleis analysen blir gjennomført. Som skildra i problemstillinga, skal vassverksdata som er innrapportert av Mattilsynet analyserast. Riksrevisjonen konkluderte med at det er vanskeleg å handtere dataa fordi det ikkje er tilrettelagt for analyse, samt at ein stor del av dei innrapporterte dataa er usikker (Riksrevisjonen, 2023). Med dette som grunnlag, er analysen basert på bruk av utforskande analyse og regresjonsanalyse. Den utforskande analysen vil brukast som ei tilnærming for å undersøkje datasettet og avdekke potensielle mønster og trendar som ikkje er openberre. Vidare er det gjort ei regresjonsanalyse til å estimere korleis leidningsnettet vil sjå ut i framtida. For å forsterka konklusjonane på dataa som blir analysert, er det også gjennomført intervju med nokre kommunar.

3.1 Datagrunnlag

Datagrunnlaget er rådata som er eigenrapportert av kommunane gjennom nettskjema til Mattilsynet. På nettsida til Mattilsynet, er det moglegheit å hente ut data som er innrapportert. Mattilsynet har valt å dele inn den innrapporterte informasjonen i fire datasett, der kvart dokument har ei beskriving av kvar enkelt datafelt. Denne oppdelinga er vist i Tabell 2

Tabell 2 Fordelinga av dei innrapporterte data, delt opp i ulike datasett av Mattilsynet

Datasett	Beskriving
Vassforsyningssystema	Informasjon om blant anna verksemda, organisasjonsform, kommunetilhørheit, produsert vassmengda og demografi
Inntakspunkt	Informasjon om inntakspunkt og råvasskjelda
Vassbehandlingsanlegg	Oversikt over type vassbehandling
Distribusjonsnett	Opplysingar om røyrnett blant anna om røyr materialet og leggjeperiode

Dette er grunnlaget som Folkehelseinstituttet får av Mattilsynet som blir brukt til den årlege samanstillinga. Data som blir rapportert inn kan ha manglar og vere uryddig, og derfor krevje omfattande kvalitetskontroll og korrigeringar før den kan bli tatt i bruk i ein analyse. Folkehelseinstituttet gjennomgår sin eigen kontroll på rådataa som utelukka ein del feil og samlar dei ulike datasetta i ein database. Kontrollen blir korrigert gjennom eit skript skrevet i programmeringsspråket R (Nordheim et al., 2022), der følgande korreksjonar frå Folkehelseinstituttet som er relevant for oppgåva er gjort:

- Vassforsyningssystem (vassverka) som enten allereie var nedlagt, reservevassforsyningar, planlagde eller dobbelregistert er tatt ut av lista.
- Dupliserte transportsystem er fjerna, slik at eit vassforsyningverket sit igjen i transportsystemet.
- Kommunetilhøyring (mengd tilknytt) er endra frå vassforsyningssystema kor andre data eller anna informasjon er bekrefta tydelege feil.

- Når det ikkje er oppgitt vasskjeldetypar er vasskjeldetypen angitt etter anna tilgjengeleg informasjon, viss mogleg.
- Viss vassleveransen går til feil vassforsyningsystem, er korrekt vassforsyningsystem registrerte for eit større vassforsyningsystem for å visa riktig tall.

Datagrunnlaget som er brukt for analyse er eit kontrollert Excel-fil som er justert av Folkehelseinstituttet. Det inneheld data frå 2015 til 2021 med all relevant informasjon samla i eit dokument. Sidan analysen er basert på tilstanden på leidningsnett og fornying, er det mykje i datasettet som ikkje er nødvendig å inkludere, blant anna resultat frå råvassprøvar og drikkevassprøvar. Tabell 3 viser kva som data som er nytta til analysen.

Tabell 3 Oversikt over dataa som skal brukast til analysen, med namnet på datafeltet og tilhøyrande forklaring

<i>Datafelt</i>	<i>Forklaring</i>
<i>versionname</i>	Kva slags år datasettet tilhøyrar
<i>vassforsyningsystem</i>	Namnet på vassforsyningsystemet
<i>virksomhetsnavn</i>	Kva kommune vassverket er plassert
<i>mtregion</i>	Kva region vassverket er plassert
<i>personer_tilknytt_a_grp</i>	Mengd fastbuande personar tilknytte vassverkets i grupperingar
<i>rormat_asbest</i>	Mengd meter vassleidningar av asbest
<i>rormat_jern</i>	Mengd meter vassleidningar av jern
<i>rormat_pvc</i>	Mengd meter vassleidningar av polyvinyl klorid (pvc)
<i>rormat_pel_peh</i>	Mengd meter vassleidningar av polyetylen (pel eller peh)
<i>rormat_gup</i>	Mengd meter vassleidningar av glassfiberarmert umettet materialet
<i>rormat_annet</i>	Mengd meter vassleidningar av anna materiale
<i>rormat_ukjent</i>	Mengd meter vassleidningar av ukjent materiale
<i>leggjeperiode_1910</i>	Mengd meter vassleidningar lagt i perioden 1910 og tidlegare
<i>leggjeperiode_1911_1940</i>	Mengd meter vassleidningar lagt i perioden 1911-1940
<i>leggjeperiode_1941_1970</i>	Mengd meter vassleidningar lagt i perioden 1941-1970
<i>leggjeperiode_1971_2000</i>	Mengd meter vassleidningar lagt i perioden 1971-2000
<i>leggjeperiode_2000</i>	Mengd meter vassleidningar lagt i perioden etter 2000
<i>leggjeperiode_ukjent</i>	Mengd meter vassleidningar lagt i ukjent periode
<i>fornya</i>	Mengd meter vassleidningar fornya i det aktuelle året
<i>lekkasjerep</i>	Mengd lekkasjereparasjonar i det aktuelle året

3.2 Analyse

I analysen er det brukt utforskande analyse og regresjonsanalyse. Utforskande analyse er innleiande undersøkingar for å oppdaga mønstre, avvik og inkonsistent data, samt bekrefte eller avkrefte påstandar. Dette er gjort ved hjelp av samandrag av statistiske og grafiske representasjonar av dataa (Patil, 2018). Denne type analyse blir ofte brukt som første trinn i ein større prosess, får å gi ei intuitiv oversikt før ein begynner med meir avanserte analyser. Formålet med denne analysen er å trekke enkle samanhengar og konklusjonar som kan vere til nytte for meir komplekse analyser i framtida. Regresjonsanalyse baserer seg på å undersøkje samanhengar mellom to eller fleire variablar. Ein av variablane er den avhengige variabelen som ein ynskjer å spå på førehand. Den andre variablane er den uavhengige variabelen som kan påverka den avhengige variabelen. Formålet med ein

regresjonsanalyse er å finne ein samanheng mellom variablane, slik at ein kan føresjå kva den avhengige variabelen basert på den uavhengige variabelen (Braut and Dahlum, 2021). Oppgåva vil nytta lineær regresjon, der den avhengig variablane tilpassar seg den uavhengig variabelen etter ei rett linje. For å få bekrefte at ein regresjonsanalyse er truverdig, er det brukt ein R-squared test. Det er ein statistisk måling som indikerer kor mykje a variasjonen av den avhengig variabelen som variere med uavhengig variablane. Talet vil gi ein verdi mellom 0 og 1 og desto verdien er nærmare 1 , så meir kan dei observerte variasjonar forklarast av modellens innhald (Fernando, 2023).

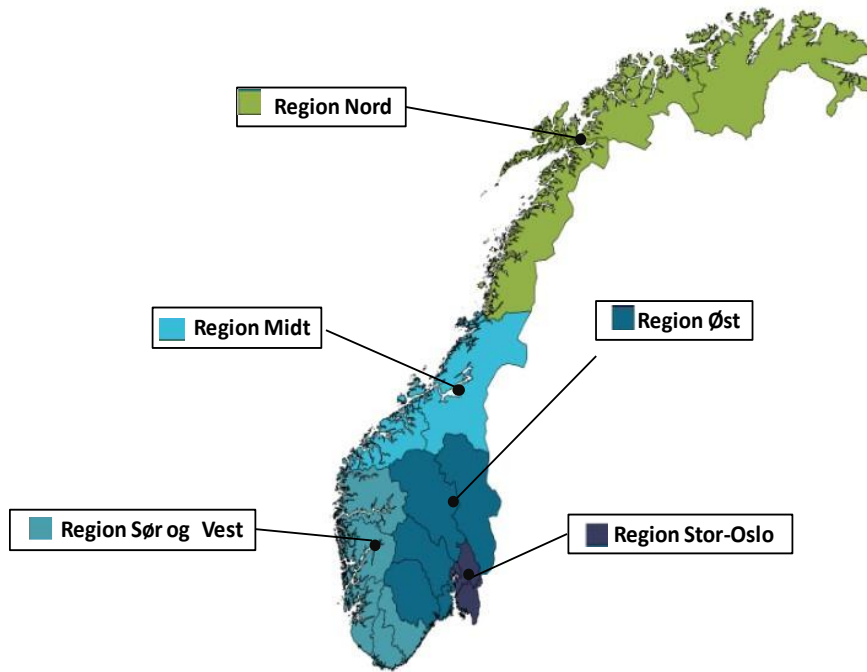
For den utforskande analysen er regnskapsprogrammet Excel brukt. Det kan intuitivt handtera store datasett raskt og kan visualisere resultatet på ein oversiktleg måte. Eit viktig verktøy i Excel er pivot-tabellar. Den har eigenskapen til å samanlikne og analyserer data frå ulike perspektiv ved å organiserer data i radar og kolonnar, samt gi brukarar moglegheita til å framstilla data etter forskjellige dimensjonar(Øverby, 2021). Det bidrege med å produsera tabellar på ein enkle måte, utan å gjera det manuelt i reknearket

For regresjonsanalysen blei programmeringsspråket Python nytta. Det er eit språk som er lettles og brukarvennleg, og er gunstig til å laga matematiske modellar som bidrege til gode analysar. Kodespråket har eit omfattande standardbibliotek som gjev programeringen eit stor utval av funksjonalitet.

3.2.1 Utforskande analyse

Det er nytta pivot-tabellar for å organisera dataa og generera tabellar som viser leidningslengda for dei ulike leggjeperiodane og dei ulike materialet, og summen av lekkasjereperasjonar frå 2015 til 2021. Vidare er det produsert diagram som visualiserar utviklinga mellom desse parameterane. Formålet er å sjå om ein kan observere noko unormalt blant dei ulike trendane.

For å gå meir i detalj for dei nemnte parameterane, er det sett på årlege endringar for kvar enkelt variabel, som kan presisere analysen ytterlegare. Parameterane for leggjeperioden, materiale og lekkasjereperasjonar er delt opp i gruppe vassverkstørrelse og geografisk plassering. Grupperinga for vassverkstørrelse er delt i 51-500, 501-5000, 5001-50000, 50001-500000 og meir enn 5000000 personar som er tilknytt eit vassverk. Den geografiske plasseringa er gruppert etter kvar vassverka er plassert i Norge i form av regionar. Mattilsynet har delt Noreg inn i fem regionar vist i Figur 3.



Figur 3 Kart som viser Mattilsynet sin inndeling av ulike regionane i Noreg (Nordheim et al., 2022).

For å finne endringa mellom dei ulike parametrane er det sett på differansen av leidningslengde for ein gruppe mellom 2015 og 2021 delt på endringa av den totale leidningslengda i same tidsperioden. Dette gir Formel 1, som er vist under.

Formel 1 Endring i prosent mellom av leidningslengde for ein variabel mellom 2015 og 2021 delt på endringa av den totale leidningslengda i same tidsperioden

$$\text{Endring (prosent)} = \frac{L_{i,2021} - L_{i,2015}}{L_{\text{tot},2021} - L_{\text{tot},2015}} * 100$$

$L_{i,2021}$ er leidningslengde for valt gruppe i 2021

$L_{i,2015}$ er leidningslengde for valt gruppe i 2015

$L_{\text{tot},2021}$ er totale leidningslengda i 2021

$L_{\text{tot},2015}$ er totale leidningslengda i 2015

3.2.2 Regresjonsanalyse

Formålet med å bruke lineær regresjon er å estimere korleis samansetninga av leidningsnettet vil endra seg fram mot 2040 viss trendane for dei siste åra vert ekstrapolert lineært. Dei avhengige variablane er samla leidningslengde for dei enkelte leggjeperiodar frå 2015 til 2021, og dei uavhengig variablane er årstala 2015-2021. Desse data blir importert i Python som grunnlag for regresjonen. Vidare er det satt opp følgjande villkår for å kunne setja opp ein lineær modell for utviklinga av i leidningslengde for dei enkelte leggjeperiodane.

- I starten av leggjeperioden er leidningslengda 0 m
- Leidningslengda når eit toppunkt i slutten av leggjeperiode.
- Ein går ut frå at den årlege auken i leidningslengde i dei ulike leggjeperioden, er lineær
- Ein antar at gjennomsnittleg alder på ein vassleidning er 32 år, og etter dette skjer ei lineær reduksjon av leidningslengda.
- Grunna det øvste punktet blei også eit ytterlegare datapunkt lagt til i leggjeperioden 2000. Det var for å få 0 meter leidningslengd sidan regresjonen begynte opphavleg frå 2005

Den lineære modellen blei funnet ved hjelp av biblioteket SciPy og funksjonen LinearRegression. For å få eit mål på kor bra modellen vår var, blei det gjennomført ein R-squared test. Den gir ein verdi på kor bra modellen vår korresponderer med dataa me har gitt den. Gjennom regresjonen blei da laga modellar som viser leidningslengda for dei ulike leggjeperiodane frå 1900 til 2040.

3.3 Intervju med kommunar

Gjennom analysane får ein framstilt mykje verdiar og tall som kastar lys på problemstillingane, men det er utfordrande å ha sikre konklusjonar på kva årsaker som fører til variasjonar i analysen. Dermed er det blitt gjennomført anonyme intervju med dei som har ansvaret for rapporteringa i dei ulike kommunane. Formålet med dette er å få kunnskap som kan styrka konklusjonane som blir gjort. Informasjonen frå intervjuet blir ikkje presentert i resultatkapittelet under sidan det ikkje var meint til å kvantifiserast, men for å grunngje eventuelle funn i resultatane.

For alle dei 356 kommunane i Norge, skulle det berre veljast ut nokre få informantar. For å få mest mogleg variasjon er det valt kommunar basert på størrelse, region og kvar stor variasjon dei hadde for leidningslengda i leggjeperioden 1970-2000 frå 2021 og 2020. Det er også tatt omsyn til om kommunen har blitt samanslått eller ikkje, sidan ein av moglege årsakene til store variasjonar er at mange kommunar har blitt samanslått 1.januar 2020.

Før intervjuet vart det laga spørsmål. Spørsmåla er tilrettelagt for å gi svar på det som er usikkert med analysen. Spørsmåla som er stilt er:

- Kjenner de til denne aukinga/stor redusering av leidningsnett lagt mellom 1971-2000?
- Kva er hovudgrunnen til at dykk oppdagar meir/ eller mindre ledning frå dette tidsrommet?
- Er det nokon ledningar (type/leggje år) som de erfarer har hyppigare brotffrekvens enn andre?
- Kva er det viktigaste tiltaket (eller arbeid) som kommunane gjer for å få betre kontroll på alder (og material) på leidningsnettet?
- Viss kommunen har blitt samanslått, har samanslåinga påverka korleis ein rapporterer inn data?

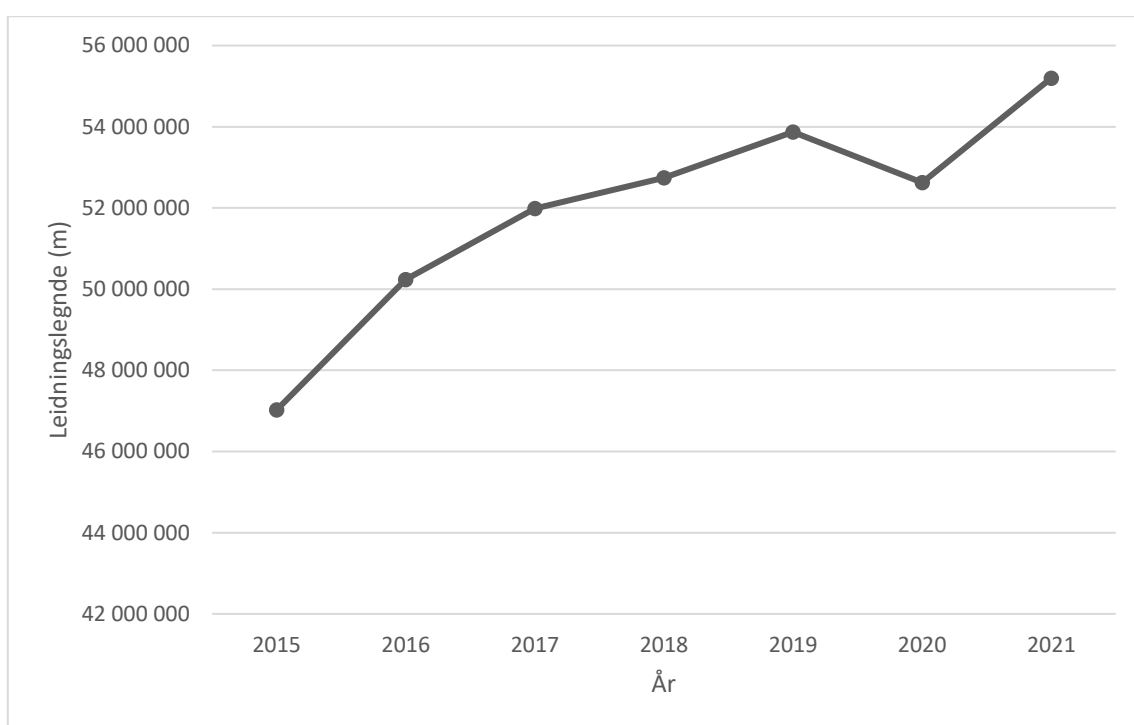
Intervjuet er føregått over e-post eller telefon. For e-post intervjuet blei det sendt ut spørsmålsskjema, men gjennom telefonsamtalen har dei same spørsmåla blitt stilt munnleg, med rom for utfylling av svarene. Sidan det berre er ein handfull kommunar som blir valt ut til intervju, må ein ta ein vurdering rundt reliabilitet -og validitet ettersom det å trekke ein nasjonal konklusjon basert på få informantar kan gi ein feilvurdering.

4 Resultat

I dette kapitelet er resultatene fra analysen framstilt. Her er overblikk på korleis kvaliteten er på den innrapporterte dataa. Resultata frå den utforskande analysen og regresjonsanalysen vil bli framstilt i samhandling av linjediagram og tabellar.

4.1 Endring i leidningslengde av totale meter leidningar

Gjennom Figur 4 ser ein korleis den totale leidningslengda har utvikla seg i perioden frå 2015 til 2021. Den totale auka var på frå ca. 47 000 000 meter til litt over 55 000 000 meter. Eit unaturleg moment er at frå 2019 til 2020 var den ein nedgang i den totale leidningslengda, etterfølgd av ei brå aukiing mellom 2020 og 2021.



Figur 4 Utvikling i den totale leidningslengda frå 2015-2021

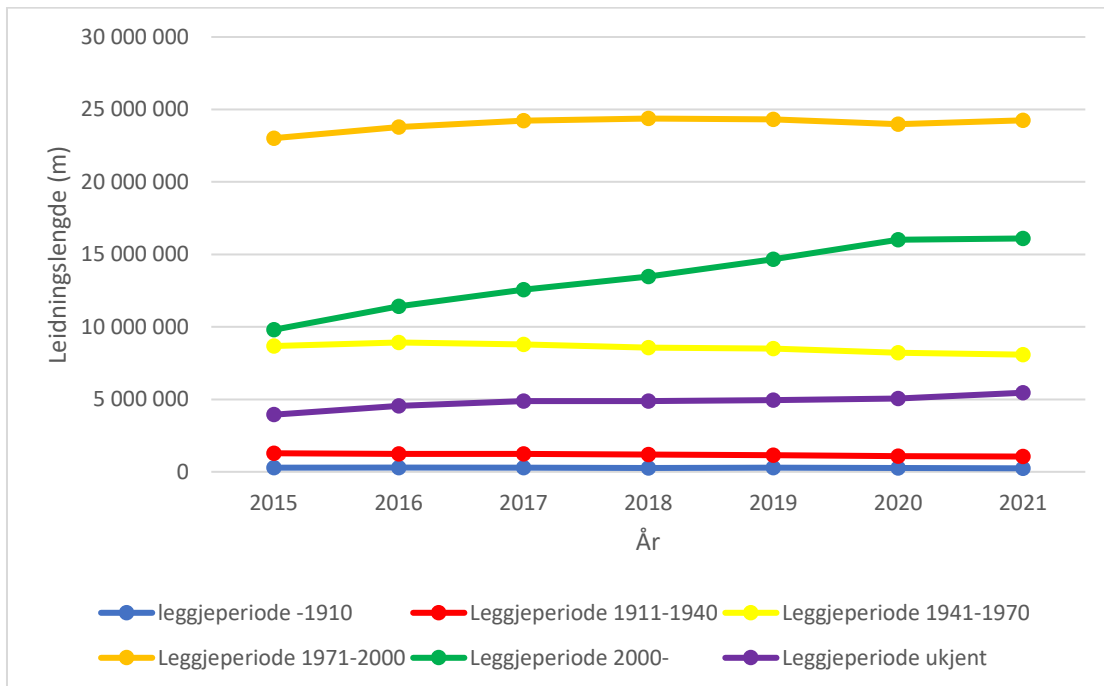
4.2 Endring over tid av alle leggjeperiodar

Figur 5 presenterer utviklinga av leidningslengde for dei ulike leggjeperiodane frå 2015 til 2021. Videre i Figur 6 og Figur 7 er dei ulike leggjeperiodane delt opp i to diagram frå å tydeleggjere utvikla blant leggjeperiodane grunna store forskjellar i størrelsen-orden.

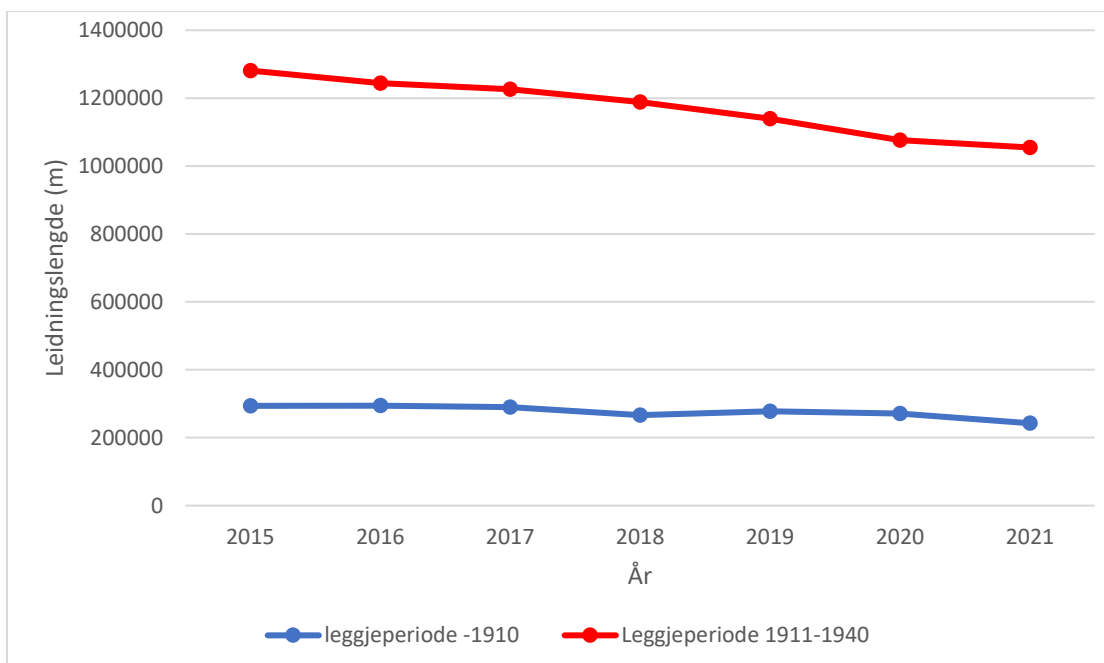
Tabell 4 derimot viser endringa leidningslengda i meter og kor stor prosentdel det er mellom dei ulike leggjeperiodane mellom 2021 og 2015. Det er brukt formel 1 for å finne den endringa

Resultata viser ein naturleg nedgang i leidningslengde frå dei tre eldste leggjeperiodane samt at det er ein aukiing på 77 % frå dagens aktive leggjeperiode. Det er derimot ein 15 % aukiing i

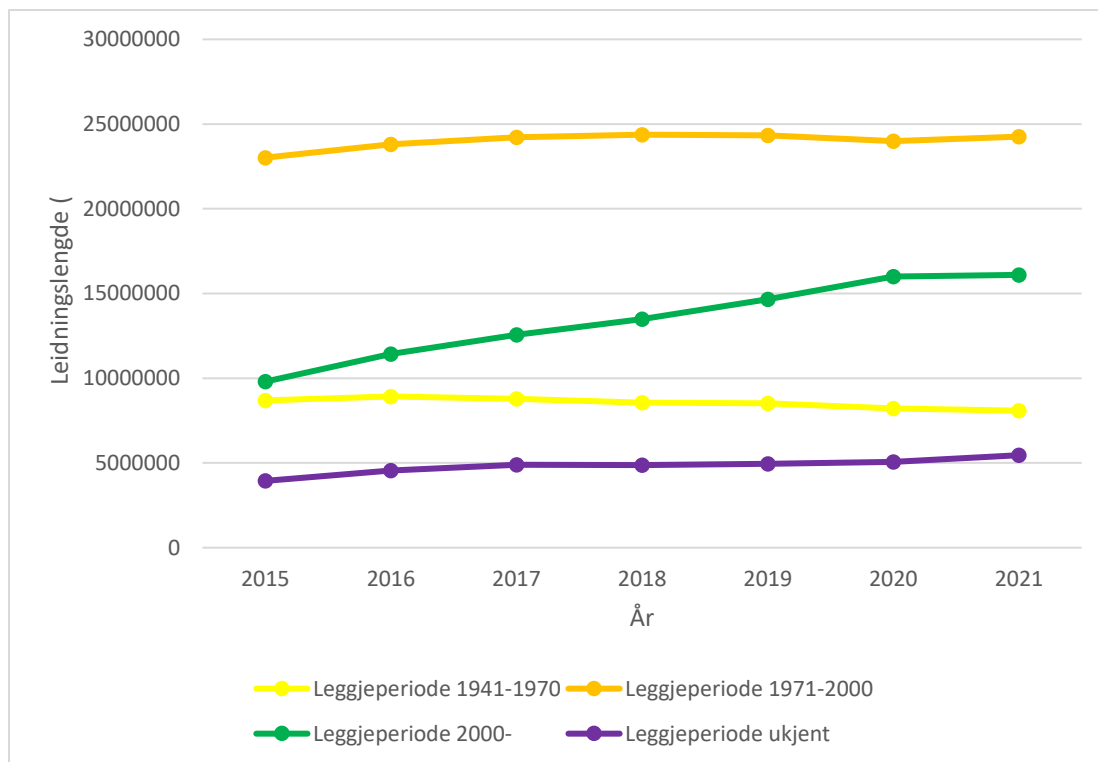
leggjeperioden 1971-2000 som er unormalt sidan leggjeperioden er utgått, og ein da forventar ein nedgang i leidningslengda. Det gjaldt også den ukjent leggjeperiode som har ein 18,5 % auking.



Figur 5 Utviklinga i leidningslengda for alle leggjeperioder mellom 2015-2021



Figur 6 Endring i leidningslengde for leggjeperiode -1910 og leggjeperiode 1911-1940 frå 2015-2021



Figur 7 Endring i leidningslengde for leggjeperiode 1941-1970, leggjeperiode 1971-2000, leggjeperiode 2000- og leggjeperiode ukjent frå 2015-2021.

Tabell 4 Endring i meter og prosentdel for dei ulike leggjeperiodane mellom 2015 og 2021

Leggjeperiode	-1910	1911-1940	1941-1970	1971-2000	2000-	ukjent	Alle periodar
Differanse (m)	-50 730	-226 499	-601 801	1 238 523	6 299 320	1 513 850	8 172 663
Prosentdel (%)	-0,62	-2,77	-7,36	15,2	77,1	18,5	

4.2.1 Variasjonar med størrelse på vassverk

Vidare blei det observert variasjonar i leidningslengde med omsyn til størrelsane på vassverka. Tabell 5 viser mengd vassverk, totale leidningslengde, og mengd personar tilknytt i dei ulike vassverkstørrelsen. Gruppering viser omfang av mengd tilknytt vassverket. Her er også gruppa 1-50 også tatt med for å vise i kontekst.

Tabell 5 informasjons av kva mange vassverk, total leidningslengde og kvar mange personar tilknytt i kvar kategori i 2021.

Tilknytt (personar)	Mengd vassverk (2021)	Leidningslengde (2021)	Personar tilknytt (2021)
1-50	1 472	0 m	17 091
51-500	785	5 791 813 m	150 120
501-5 000	397	15 836 588 m	654 231
5 001-50 000	127	23 912 216 m	1 930 607
50 001-500 000	14	8 127 595 m	1 380 826
500 001-	1	1 528 601 m	666 759

Litt over halvparten av alle registrerte vassverk forsyner mellom 1-50 personar der det ikkje er registrert leidningslengde. Vassverk som forsyner mellom 5001-50000 personar har størst leidningslengde og flest personar tilknytt.

Vidare i Tabell 6 kan ein sjå korleis variasjonane utover størrelsane på vassverka utviklar seg mellom 2015 og 2021. For å finne endringane er det brukt Formel 1

Tabell 6 Endringar i leidningslengde for leggjeperiodane mellom 2015 og 2021 gitt i prosentdel av total størrelse på vassverka tilknytt

	-1910	1911-1940	1941-1970	1971-2000	2000-	ukjent	Alle periodar(m)
51-500	0,0 %	0,1 %	3,4 %	40,0 %	40,7 %	15,7 %	1 426 417
501-5 000	-0,2 %	-3,6 %	-1,1 %	1,8 %	74,8 %	28,3 %	1 929 140
5 001-50 000	-1,1 %	-6,9 %	-34,8 %	16,2 %	127,9 %	31,1 %	2 326 530
50 001-500 000	-0,4 %	0,9 %	8,4 %	41,2 %	49,3 %	0,6 %	2 463 056
500 001-	-40,7 %	-77,3 %	-98,3 %	19,8 %	315,2 %	20,9 %	27 520

Gruppene 501-5000, 5001-50 000 og 500 001- har ein naturleg utvikling der alle leggjeperiodar før 2000 enten er tilnærma flat eller ein har ein redusering i leidningslengde. For gruppe 51-500 og 50 001-500 000 er det framleis ein unaturleg aukning i leggjeperioden 1971-2000. Alle gruppene utanom 50 001-500 000 har også aukning i ukjent periode.

4.2.2 Geografisk variasjon.

Det blei også observert variasjonar i leggjeperiodane utifrå kvar leidningane er plassert i Norge. Tabell 7 viser statistikk over mengd vassverk, leidningslengde og mengd personar tilhøyrande kvar region. Her er ikkje vassverk som har mellom 1-50 tilknytte personar sidan dei ville blanda inn med dei forskjellige regionane.

Tabell 7 Mengd vassverk, meter leidningslengde, og personar tilknytt fordelt utøve regionar i 2021

Region	Mengd vassverk (2021)	Leidningslengde (2021)	personar tilknytt (2021)
Stor Oslo	72	10 044 506 m	1 551 815
Midt	309	11 448 932 m	642 033
Aust	275	12 512 576 m	909 046
Vest og Sør	321	13 533 957 m	1 252 493
Nord	352	7 656 842 m	427 156

Vassverka er jamlege fordelt over alle regionane utanom Stor-Oslo der det er færre, men større vassverk, , samanlikna med resten av landet. Leidningslengda er også balansert mellom regionane utanom Nord-Noreg som både har færrest leidningslengde og færrest personar tilknytt. Tabell 8 viser endringane utifrå geografisk plassering mellom 2015 og 2021. Det er nytta Formel 1 for endringa.

Tabell 8 Endringa er i leidningslengde for leggjeperidoane mellom 2015 og 2021 i prosentdel utav geografisk plassering.

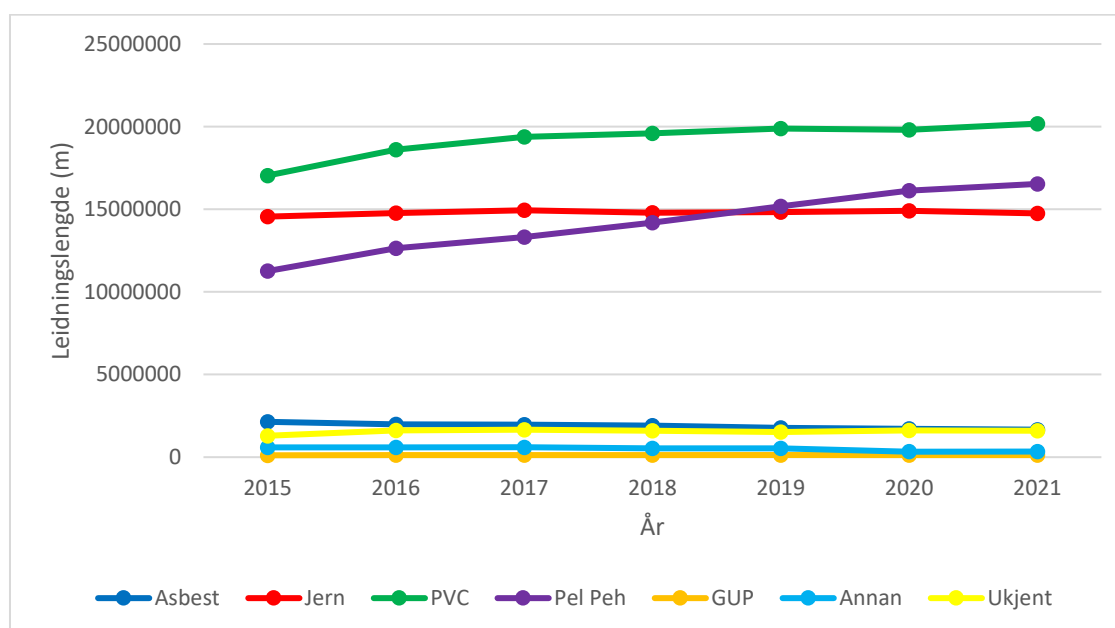
	-1910	1911-1940	1941-1970	1971-2000	2000-	ukjent	Alle periodar (m)
Stor Oslo	5,34 %	-10,2 %	-28,9 %	7,85 %	148,8 %	-12,2 %	880 454
Midt	0,17 %	-0,60 %	-0,98 %	4,97 %	62,5 %	33,9 %	1 876 743
Aust-Norge	0,14 %	-6,03 %	-12,9 %	31,3 %	89,9 %	-2,38 %	1 536 047
Vest og Sør-Norge	-0,56 %	-1,87 %	-14,5 %	-9,98 %	86,7 %	40,2 %	1 803 574
Nord Norge	0,05 %	0,04 %	6,26 %	37,4 %	42,0 %	14,2 %	2 075 845

Det er berre region vest- og sør som viser ein redusering for leggjeperiodane fram mot 2000, men dei har også 40 % auking i den ukjente leggjeperioden. Alle andre periodar har ein unormal auke frå 1970-2000, spesielt region aust og midt. Det kan også observerast at Nord-Noreg har ein aukeing for alle leggjeperiodar, samt den største endring i den totale leidningslengde.

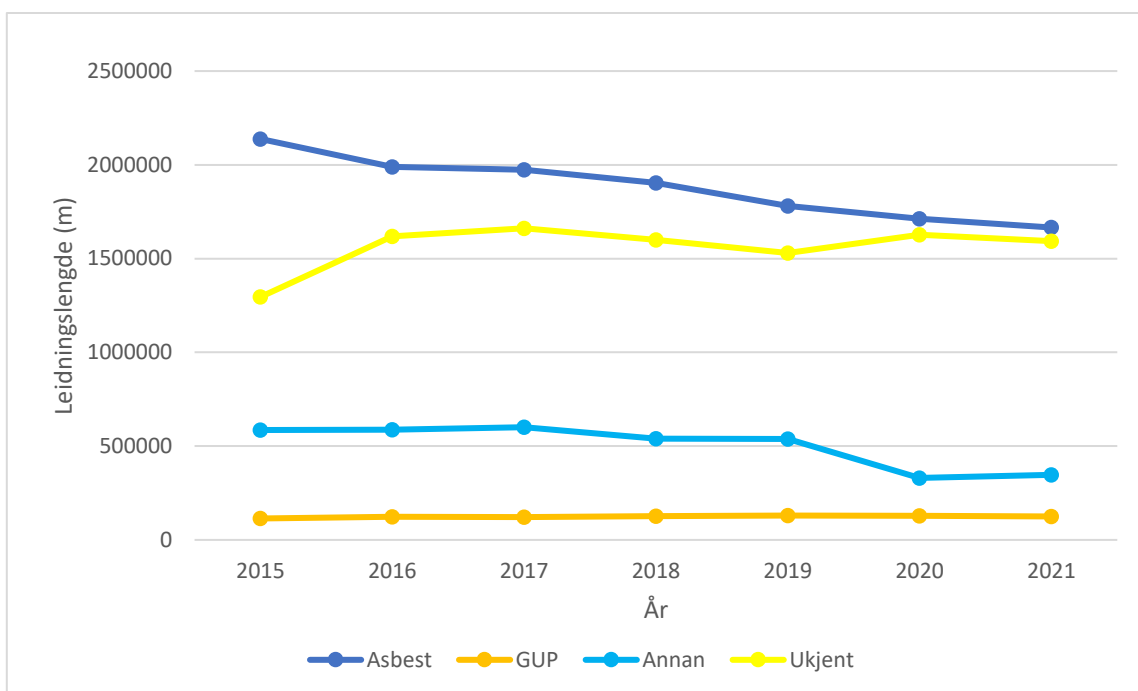
4.3 Endring over tid av alle materialtypar

Her blei leidningslengda vist for dei ulike materiala frå 2015 til 2021. Figur 8 viser lengda av dei ulike materiala i perioden 2015-2021, og Figur 9 og Figur 10 viser dei same resultatata men med ulik storleiksorden for å få tydelegare fram forskjellane. Tabell 9 viser endringa i leidningslengda i meter og kvart stor prosentdel det er mellom dei ulike material mellom 2021 og 2015. For å finne endringa er Formel 1 nytta.

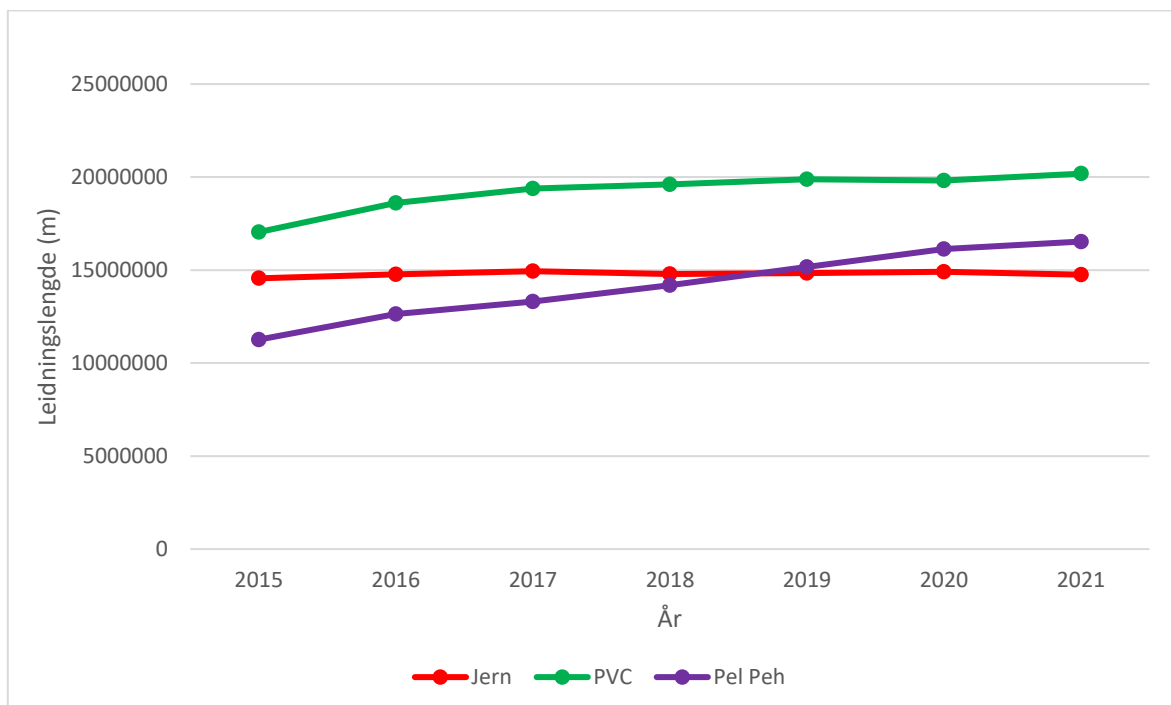
Resultata viste at det er jern, PVC og Pel Peh som er dei dominante materiala samanlikna med resten. Dei termoplastiske materiala som er PVC og Pel Peh viste derimot ein stor auke samanlikna med jern. Den endringa gjer at leidningslengda på Pel Peh er blitt større enn jern i dag. Det er ein liten minking av asbest og annan materialet , og ei lita auking av dei andre materiala



Figur 8 Endring i leidningslengde av alle material frå 2015-2021



Figur 9 Endring i leidningslengde av asbestbetong , glasfiberarmert gløsrør ,anna og ukjent materialar frå 2015-2021



Figur 10 Endring i leidningslengde Jern, PVC og Pel Peh materialar frå 2015-2021

Tabell 9 Endring i leidning lengde målt i både meter og prosentdel for dei ulike materiala mellom 2015 og 2021

Material	Asbest	Jern	PVC	Pel Peh	GUP	Annan	Ukjent	Alle materialer
Differanse (m)	-472 091	193 831	3 139 974	5 273 218	10 100	-238 737	297 396	8 203 691
Prosentdel (%)	-5,75	2,36	38,3	64,3	0,12	-2,91	3,63	

4.3.1 Variasjonar ved størrelse på vassverka

Det blei observert like resultat når størrelsar på vassverka blei tatt med i analysen av materialbruk Vidare i Tabell 10 kan ein sjå korleis desse variasjonane av dei ulike materiale utviklar seg mellom 2015 og 2021 utifrå størrelsane på vassverka. Endringane blei rekna ut med Formel 1.

Tabell 10 Endringa er i leidningslengde for materialar mellom 2015 og 2021 i prosentdel utav størrelsane på vassverka

	Asbest	Jern	PVC	Pel Peh	GUP	Annan	Ukjent	Alle materialet (m)
51-500	-1,28 %	0,88 %	32,8 %	62,5 %	-0,25 %	-1,09 %	6,54 %	1 416 563
501-5 000	-7,89 %	0,25 %	28,8 %	70,6 %	-0,17 %	0,68 %	7,75 %	1 955 973
5 001-50 000	-14,5 %	-23,0 %	43,3 %	97,9 %	0,75 %	-9,98 %	5,58 %	2 340 579
50 001-500 000	1,66 %	27,2 %	44,6 %	26,9 %	-0,02 %	0,43 %	-0,76 %	2 463 056
500 001-	0,00 %	169,3 %	-1,93 %	195,9 %	-0,48 %	-49,5 %	-213,2 %	27 520

Dei aller fleste kategoriane følgjer dei same trendane som i Tabell 9. Men vassverket med over 500 001 personar tilknytt har derimot store auke i for både jern og Pel Peh, samt ei stor minking i annan og ukjent materiale. Jern viste ei stor auke i gruppa 50 001-500 000, men også ein stor reduksjon i gruppa 5 001-50 000.

4.3.2 Geografisk variasjon

På lik linja med vassverkstørrelse, er det også like resultat blant den geografiske plasseringa. Vidare i Tabell 11 kan ein sjå korleis desse variasjonane av dei ulike materiale utviklar seg mellom 2015 og 2021 utifrå geografisk variasjonar. For å finne endringane er det brukt Tabell 11

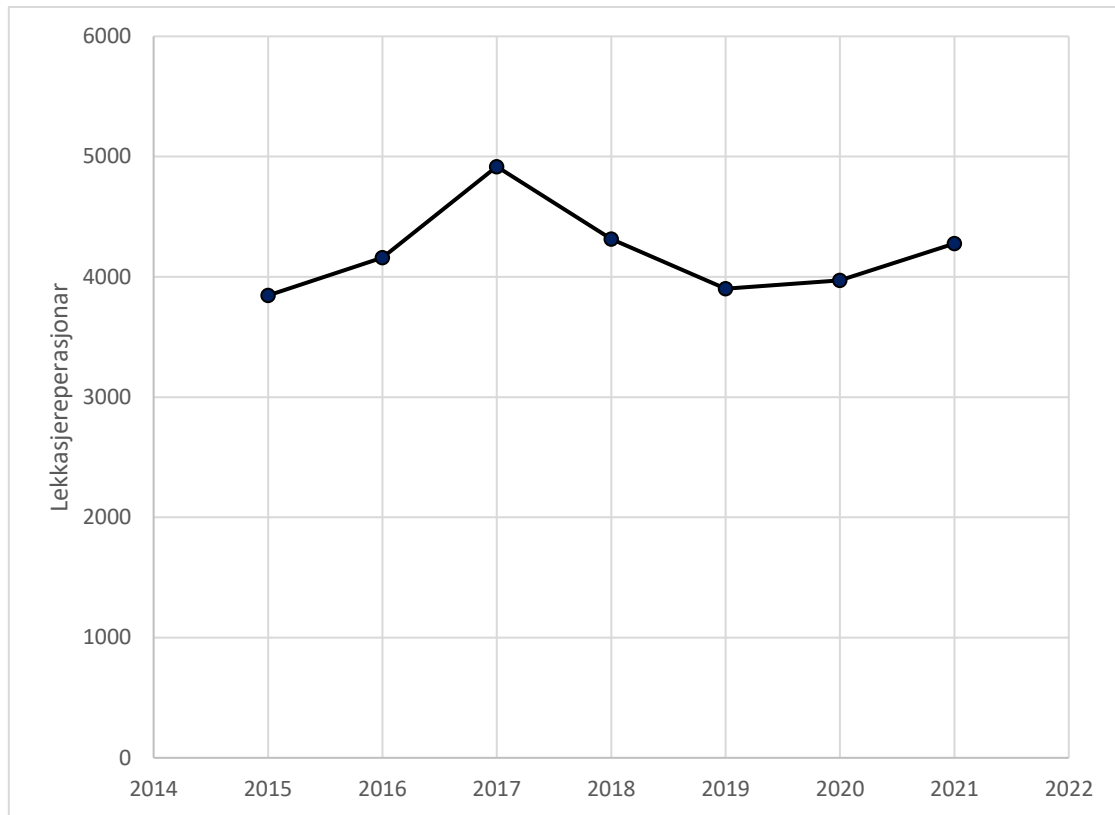
Tabell 11 Endringa er i leidningslengde for materialet mellom 2015 og 2021 i prosentdel utav geografisk plassering.

	Asbest	Jern	PVC	PEL_PEH	GUP	Annan	Ukjent	Alle materialet (m)
Stor -Oslo	-16,4 %	0,25 %	54,0 %	88,0 %	1,35 %	-2,10 %	-25,1 %	810188
Midt	-6,05 %	2,42 %	44,6 %	55,7 %	0,03 %	-2,45 %	5,76 %	1875659
Øst	-8,76 %	-15,7 %	58,1 %	73,2 %	-0,03 %	-0,23 %	-6,53 %	1531782
Vest-sør	-5,37 %	11,0 %	18,1 %	61,0 %	0,06 %	-2,42 %	17,7 %	1994971
Nord	0,79 %	8,48 %	30,9 %	59,0 %	-0,10 %	-6,22 %	7,04 %	1991091

På lik linja med størrelse på vassverka, ser ikkje noko store unormale trendar her. Asbest har minking eller tilnærma flat trend, og dei termoplastiske har god auke frå alle regionar.

4.4 Lekkasjeoperasjonar

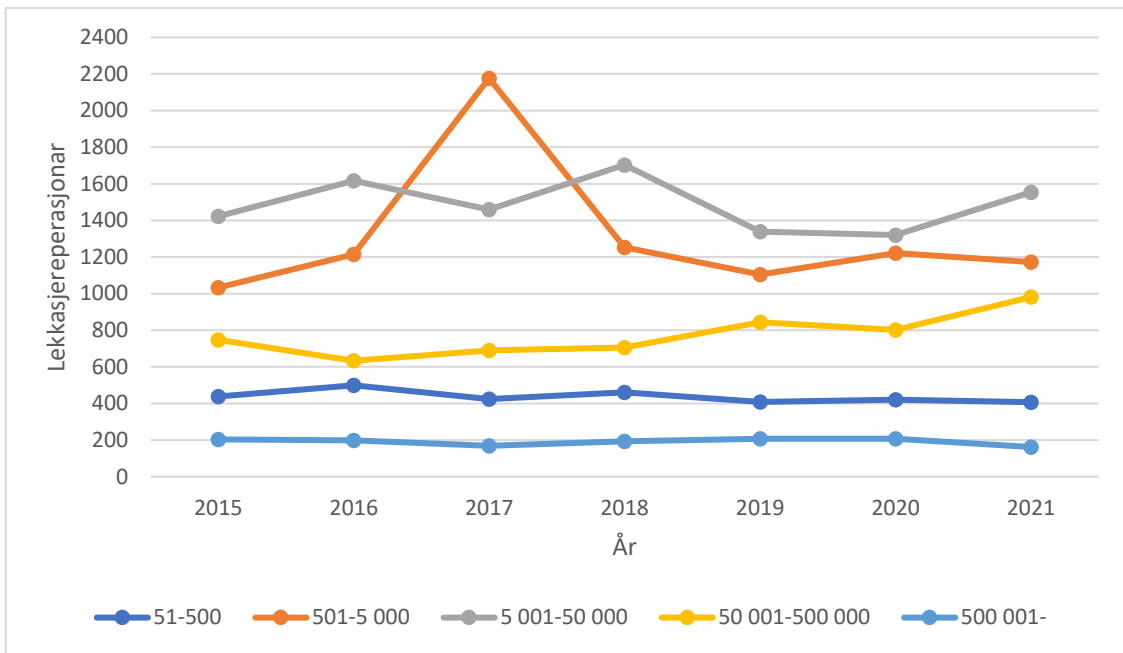
Mengda av lekkasjeoperasjonar blei også undersøkt, der Figur 11 viser lekkasjeoperasjonar på heile ledingsnettet frå 2015 og til 2021.



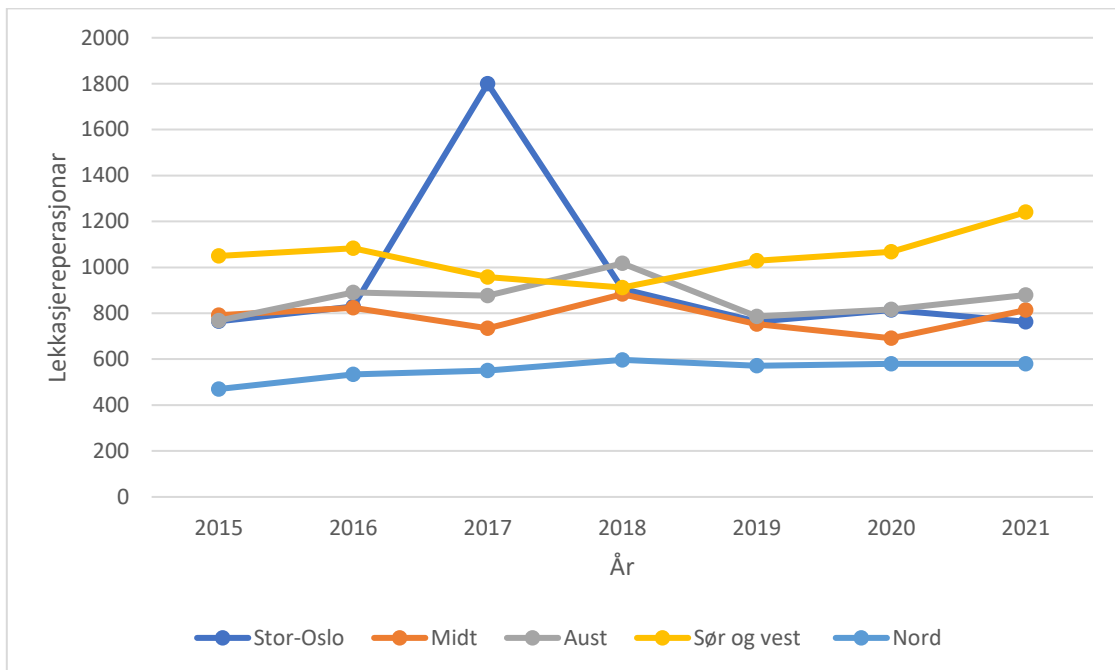
Figur 11 Mengd lekkasjeoperasjonar for heile ledningsnetta frå 2015-2021

Me kan sjå at frå 2015 og til 2017 mengda lekkasjeoperasjonane betrakteleg og er høgast i 2017. Etter 2017 minkar mengda tilbake til normalen, mens frå 2020 ser vi ei auke igjen.

Får å studere lekkasjeoperasjonane betre, vart dei kategorisert etter størrelse og geografisk lokasjon. Figur 12 og Figur 13 viser mengda lekkasje for dei ulike vassverksstørrelsane og regionane mellom 2015-2021.



Figur 12 Mengd lekkasjereparasjonar for dei ulike vassverkstørrelsane frå 2015-2021

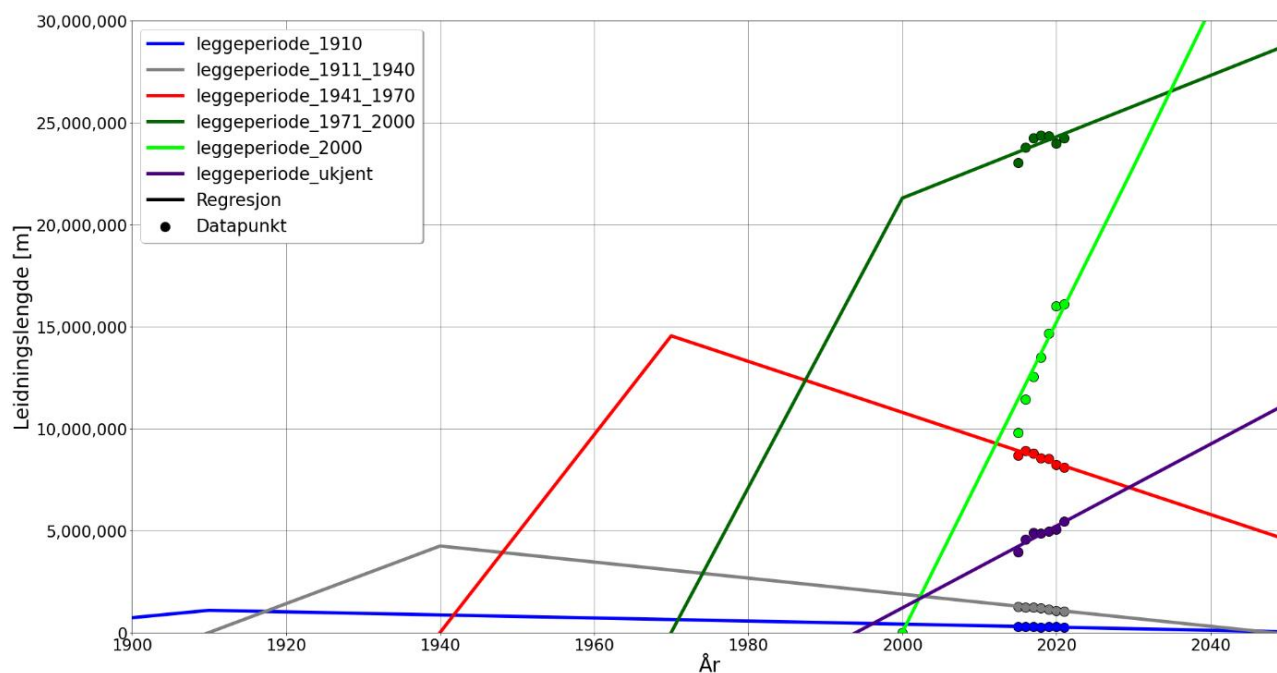


Figur 13 Mengd lekkasjereparasjonar for dei ulike regionane frå 2015-2021

Ein ser tydeleg på figurane at det er to toppar i 2017 som skil seg ut. Det er vassverka som er tilknytt 501-5000 personar og er i Stor-Oslo regionen. Begge aukar med 1000 reparasjonar det året. Vidare kan ein sjå at forskjellane på lekkasjereparasjonar er mykje større når me samanliknar vassverkstørrelsane, enn når me samanliknar regionane.

4.5 Regresjonsanalysen

I dette kapitlet blir det vist korleis dei ulike leggjeperiodane endra seg over tid, ut frå vilkåra som blei presentert i metodekapittelet. Figur 14 viser lineærregresjon for alle leggjeperiodar i tidsrommet frå 1900 til 2040.



Figur 14 Regresjons av leidningslenga for alle leggjeperiodar mellom 1900 til 2040

Tabell 12 R-squared verdiar for kvar leggjeperiodane

Leggjeperiode	R-squared verdi
-1910	0.52
1911-1940	0.97
1941-1970	0.67
1971-2000	0.46
2000-	0.97
Ukjent	0.77

Som ein kan observere, starta alle leggjeperiodar med 0 m leidningslengde og aukar gjennom perioden sin til den når toppunktet i slutten av perioden. Deretter søkk leidningslengda lineært. For den ukjente leggjeperioden er det nytta vanleg regresjon utan vilkår om startpunkt.

Dei to eldste perioden endar med at tilnærma alt av deira lendingslengde skal vera utskifta innan 2040, samt at leidningslengda frå leggjeperioden 1941-1970 blir halvert. For dagens leggjeperiode og ukjent leggjeperiode, er det ein auking av mengd med leidningar brått mot 2040. Dette er normalt

for dagens leggjeperiode, men unormalt for den ukjente leggjeperioden. Det er også unaturleg at mengda leidningar i leggjeperioden mellom 1971-2000 vil jamleg auke sjølv om den er utgått.

R-squared-verdiane viser at leggjeperiode 1911-1940 og den aktive leggjeperiodane er 0.97 som høg truverdighet. I leggjeperiodane -1910 og 1971-2000 er R-squared verdien lågare, noko som tyder på at det for desse leggjeperiodane passa modellane dårlegare samanlikna med dei andre periodane.

5 Diskusjon

Gjennom diskusjonen vil ein trekka fram hovudfunna frå resultata for å svare ut formålet med oppgåva. Den overordna problemstillinga er å finne ut kor god kvaliteten på dei innrapporterte leidningsdataa til Norge. For å underbygge dette, er forskingsspørsmåla som er presentert under svart på

5.1 Forskingsspørsmål 1 : Endringar i leggjeperiodar og materialtype

Forskingsspørsmål: For kva slags leggjeperiodar og materialtypar ser vi størst endring, og varierer dette utifrå storleiken på vassverka og geografisk?

5.1.1 Leggjeperiode

I teorien skal alle leidningar frå tidlegare leggjeperiodar enten ha ein redusering eller oppretthalde leidningslengde sin. Likevel ser ein på nasjonalt nivå at ein har ei stor ei auke av leidningslengde lagt i leggjeperioden 1970 -2000. For å svare vidare på forskingsspørsmålet deler vi opp leggjeperiodene og forklarar endringane, samt om det er samanhengar med den historiske bakgrunnen til Norge.

Dei to eldste leggjeperiodane har minst mengde leidningslengde ettersom det er ein stor del har allereie blitt utskifta. Likevel ser ein at det framleis er ein liten utskifting nasjonalt. Ein viktig faktor for dette, er at mesteparten av røyra som er igjen, er framleis plassert i større byar og tettstadar ettersom det var dei som hadde størst utviklings i første halvdel på 1900-tallet (Ødegaard, 2014). Dette ser ein att i resultata, som viste at det var størst redusering i disse leggjeperiodane i gruppa med flest tilknytningar, som er vassverket som forsyner Oslo. På regionsbasis, ser ein at dei største reduseringar oppstår i Stor-Oslo og i Austland regionen. Til tross for at desse røyra har ein alder mellom 80-120 år, er reduksjonen relativt lav samanlikna med andre leggjeperiodar. Ein kan anta at grunna den gode utførselen som blei gjort på første halvdel av 1900-tallet, at det framleis er akseptabel tilstand på desse leidninga slik at dei ikkje blir prioritert utskifta.

Leggjeperioden 1941-1970 hadde den største reduksjonen i leidningslengde på nasjonalt nivå, mykje grunna at utførselen ikkje var god nok for at leidningane kunne ha lang nok levetid. Ein såg at utskiftinga er størst blant mellomstore vassverk, som tilknytt mellom 5 001 og 50 000 personar. For dei ulike regionane var det nedre halvdel av Noreg som viste den største utskiftinga. På grunn av oppbygginga etter krigen og stor befolkningsvekst i perioden, blei det bygd ut mange leidningar(Ødegaard, 2014). Ein kan anta frå resultata at hovudmengdene av ledingane på denne tida blei bygt på mellomstore tettstadar på nedre halvdel i Noreg.

Leggjeperioden mellom 1971-2000 er den perioden som skil seg mest ut fordi mengda leidningar aukar sjølv om perioden er utgått. På same måte som den førre leggjeperioden skal mange leidningar i denne periodane vera i dårleg tilstand, så aukinga er vanskeleg å tolke. Denne inkonsistensen blir nærmare diskutere i delkapittel 5.4.

Når det gjeld leggjeperioden frå 2000 og fram til i dag, er det naturleg at ein ser ein stor auke i leidningslengde sidan det er den nåverande perioden. Utifrå alderen på vassleidningar skal dei framleis vera i god stand, og ingen skal ha måtte skiftast ut enda (Bruaset *et al.*, 2021),.

På same måte som leggjeperioden 1970-2000, er det utfordane å tolke auka av leidningslengda i den ukjent leggjeperioden. Det er høg sannsyn for at denne auka kjem frå dei utgåtte leggjeperiodar, som vil nøyare diskutert i delkapittel 5.4.

5.1.2 Material

For materialbruk er det vanskeleg å sjå unaturlege trendar. Me deler opp i del forskjellige materialtypane og diskuterer samanhengane mellom dei innrapporterte dataa og den historiske bakgrunnen.

For asbestbetong er det heilt naturleg at det er ein nasjonal redusering ettersom at det kom forbod for legging av materialet i 1985 (Oddevald and Hansen, 2004). Me såg ein redusering i alle leggjekategoriar utanom ein liten auke i leidningar frå vassverk med 50 001 -500 000 personar tilknytt, og i region Nord. Sidan det er konkludert med at dei lagde vassleidningane ikkje er helsefarlege, blir vassleidningane erstatta ved vanlege årsaker (WHO, 2003) .

Når det kjem til støypejern, har det blir brukt frå slutten av 1850-tallet fram til i dag. Me så at den største reduseringa av støypejern skjer for vassverka i Oslo, region Stor-Oslo og region aust. Den reduksjonen viser at det er hovudsakleg gamle støypejernsleidningar frå byar som blir skifta ut, som samsvarar med resultat frå dei tidlegaste leggjeperiodane(Ødegaard, 2014).

Dei termoplastiske materialane er dei to dominerande materialtypane som vert brukt i dag, så dei viste ei generell stor auking. Det viser at mykje fornya leidningane blir lagt med desse to material.

GUP og annan materiale har liten leidningslengde. GUP har minst utbreiing og blir brukt til større dimensjonar som er ein liten prosentdel av alle vassleidningar. Endringa av GUP visar ein flat trend, der leidningslengda verken aukar eller søkk. Det er derimot vanskeleg å tolka kva anna materialar innebera. Men det uvanleg å bruka noko anna material i dag enn dei som nemnt i innrapportering, sidan ein ser redusering blant materialet.

Liknande som ukjent leggjeperiode har ukjent materialtype det same grunnlaget med omsyn til usikkerheit, og det er vanskeleg å forklare kvifor ukjent materiale aukar. Det er derimot ein lågare prosentdel som er ukjent material enn for ukjent leggjeperiode ettersom det er lettare å identifisera eit material enn perioden røyret var lagt. Til tross for at ein har oversikt over kva material som er lagt i kva periode, overlappar dei fleste materiala kvarandre, som kan gjer det vanskeleg å angi leidningane sin alder basert på material.

For å samanfatte forskingsspørsmålet, så er det mogleg å trekke samanhengar mellom resultatata av leggjeperiode og materialbruken stemmer overeins med den historiske bakgrunnen om leidningsnettet til Noreg. Det er ein usikkerheit i metoden som er brukt, men dette blir nemnt i delkapittel 5.4

5.2 Forskingsspørsmål 2: Lekkasjereparasjonar

Forskingsspørsmål: Korleis har lekkasjereparasjonar utvikle seg frå 2015 – 2021, og kva materialtype og leggjeperiode har flest lekkasjereparasjonar ?

Det blei observert ein topp i 2017 i lekkasjereparasjonar, noko som historisk skil seg ut. Ein ser same trenden reparasjonar for dei ulike vassverkstørrelsane og geografisk plassering. Det er vassverka som har 501-500 personar tilknytt og vassverka rundt region Stor-Oslo som står bak denne toppen. Det er uklart kva som kan vera grunnen til dette. Moglege grunnar for dette er det strengare kravet til innrapportering som kom i 2016. Det er lite sannsyn for dette, sidan då skulle den ikkje blitt redusert i 2018 viss fleire vassverk la inn lekkasjereparasjonar frå og med 2017. Ein anna årsak kan også vera at det er feil i innrapporteringa, noko som er mest sannsynleg i dette tilfellet. Gjennom sortering og filtrering av dataa, blei det funnet eit vassverk som hadde ei unormal endring. Vassverket gjekk frå 15 lekkasjereparasjonar i 2016 til 1050 lekkasjereparasjonar i 2017 og ned igjen til 12 lekkasjereparasjonar i 2018, som stemmer overeins med resultatata.

Ser ein vekk frå den personlege feilen ved innrapportering, vil trenden vise ein slakare auking. Ein vil likevel anta at lekkasjereparasjonar vil framleis auke dei neste åra, grunna at ledingsnettet blir større og at fleire ledingar blir eldre og har større sannsyn for å gi brot.

I intervju blei det stilt spørsmål om kva material og kva leggjeperiode som får oftast brot på leidningane og treng reparasjon. Det blei svart at anten førstegenerasjons PVC røyr eller grått støypejern som blei lagt mellom 70- og 80-talet. Informasjonen som blei oppgitt på intervju stemmer difor godt med den historiske bakgrunnen, då det var eit skilje mellom god og dårleg utføring (Ødegaard, 2014).

5.3 Forskingsspørsmål 3: Leidningsnettets fram mot 2040

Forskingsspørsmål: Kan ein estimere korleis leidningsnettets vil sjå ut i 2040?

Når ein ser resultatata av regresjonsanalysen, ser ein variasjonar. Dei fleste modellane som blei laga viser ein nedgang i leidningslengde etter dei er utgått, men for leggjeperioden 1971-2000 predikerer modellen ein auke av leidningar frå denne perioden i 2040, noko som er veldig unaturleg. Det kan vere fleire grunnar til at me får ein modell som ikkje stemmer for denne perioden. Det er brukt ein relativt simpel metode ved lineær regresjon, men ettersom R-squared verdiane var nokså høge for nokre dei andre leggjeperiodane, viser det at denne metoden er relativt grei. Det som mest sannsynleg er grunnen til den unaturlege trenden, er datapunkta me har gjort regresjon på. For det første er det berre 5 datapunkt i den periodane, og dei er meir ujamne enn dei andre periodane. Dette vil da gi eit meir usikkert resultat, som ein også sår på R-squared testen til denne perioden. Med meir og betre data eller meir avansert teknikkar i sjølve koden som framstilte regresjonen, kunne resultatata kanskje vert betre.

På den andre sida er det moglegheit å anta noko frå resultatata. Analysen viser at dei eldste leggjeperiodane søkk jamt, og at det vil være tilnærma totalt utskifta når ein kjem til 2040. Ein kan også anta dagens leggjeperiode blir tilnærma lik den som er antatt i 2040 sidan det er framleis god tilstand på desse leidningane. R-squared verdiane gir også indikasjon på at desse periodane er truverdige.

5.4 Forskingsspørsmål 4: Unaturlege tal i dei innrapporterte dataa

Forskingsspørsmål: Dei innrapporterte dataa inneheld ein del unaturlege verdier . Kva er årsaka til slike unaturlege verdiane i dei innrapporterte dataa?

Gjennom nettskjema til Mattilsynet har det gjennom fleire år blitt rapportert inn data til kommunane og ein kan observere gjennom resultatane at det er store skilnader for dei ulike parameterane. Det mest tydelege resultatet som viser inkonsistensen er at leidningslengda i leggjeperioden mellom 1970 til 2000 aukar betrakteleg i dei innrapporterte dataa for 2015-2021. Med å gi eit svar på kvifor dette har skjedd, vil det kunne også bidra til å svare på spørsmålet om dei unaturlege verdiane i rapporteringa.

I løpet av perioden 2015-2021, har det skjedd toendingar med innrapporteringa som kan ha påverka resultatet. Det blei først frå og med 2017 innført rapporteringsplikt for endringane på leidningsnett for vassverka. Sjølv om det var mange vassverk som innrapporterte dette frå før, blei det no pliktig etterspurd. Utifrå dei ulike linjediagramma i resultatane, ser ein ingen unormale endringar mellom 2016 og, utanom ein auke i lekkasjereparasjonar i 2017. Den andreendinga omhandlar kommunesamanslåinga som tredde i kraft 1. januar 2020. Her kan det antakast at den hadde ein påverknad sidan det er ein reduksjon både leggjeperioden 1970-2000 og leidningslengda for heile leidningsnett frå 2019 til 2020, som ikkje stemmer med verkelegheita.

I intervju blei det stilt spørsmål om kjennskap til aukinga i leggjeperioden 1971-2000 og kva som var årsaka bak. Alle informantane kjente til auken. Årsaka var hovudsakleg basert på kommunesamanslåinga og at kommunen har tatt grep for å oppdatere leidningsnett. For kommunane som var samanslått, var årsaka at rapporteringa i 2020 vart nedprioritert og ingenting blei rapportert. Det styrkar argumenta som forklare nedgangen i totale mengda leidningar frå 2019 til 2020. For informantane som har oppdatert leidningsnett, har dei prioritert å jobba med å få betre oversikt over leidningsnett. Det har ført til at dei har funnet fleire meter med leidningar frå leggjeperiodane 1971-2000 og ukjent enn det som var antatt. Me kan vidare dele det inn i tre hovudårsakar.

Det er første er skilje mellom dei kommunale leidningane og private leidningane. Nokre av informantane var usikre på om stikkledningane i kommunen var privateigd eller tilhøyret det kommunale nettet. Difor visste ikkje kommunen om stikkledningar var blitt tatt med i tidlegare rapporteringar. Dette kan tyde på at det ikkje vore tydeleg nok regelverk om kven som skal eige stikkledningane. Den andre årsaka for funn av leidningar er personalet i VA-avdelinga. Av informantane som blei interjuva, var det fleire som har gått inn for å få mest mogleg informasjon om sitt leidningsnett. Nokon hadde nett begynt i jobben, og hadde gått mykje nøyare til verks med arbeidet enn det dei tidlegare tilsette hadde gjort. Det var også andre som har jobba nøyare og presist i fleire år med å kartleggja alle leidningar innafor kommune. For å følgje opp blei det spurt kva dei gjorde for å få meir ut av leidningsnett deira. Kommunane som blei intervjuva hadde blant anna leigd inn eksterne aktørar for kartleggja områder med stor usikkerheit. Nokon hadde utarbeide handlingsplanar for å systematisere det framtidige arbeidet, samt at noko hadde oppdatert kartdatabasen og fått meir kontroll over leidningsnett sitt. Den tredje årsaka er sjølv innrapportering, der informantane meiner at måten rapporteringa går føre seg på er vanskeleg og utdatert. Dei meinte at det var lett å gjera feil når ein skal henta ut informasjonen frå databasen og leggje det inn manuelt på eit nettskjema til Mattilsynet.

Ein viktig faktor som kom opp under intervju, var korleis arbeidet av kartlegginga varierte utifrå kor god vekst kommunen hadde. Kommunar som hadde stor vekst i næring og befolkning, hadde større tendens på å få meir kontroll over leidningsnettets sitt. Dette var mykje på grunn at ein skulle ha betre grunnlag for utbyggingar. Mens kommunar med ingen eller redusert vekst, var det lite grunn til å gjere meir enn det som allereie var gjort, så lenge ikkje noko var kritisk.

For å samanfatte forskingsspørsmålet kan ein forklare dei unaturleg tala i innrapporteringa ved endringar i sjølv innrapporteringa, samt at kommunar som tar meir tak i arbeidet om å kartlegge leidningsnettets, som finn meir leiing frå tidlegare periodar og at gjennomføringa av innrapporteringa er vanskeleg. Desse funna gir litt meir forståing kvifor blant anna det er ein unaturleg oppgang tross for at leggjeperiode 19701-2000 er avslutta.

5.5 Forskingsspørsmål 5 Forbetringar av rapporteringssystemet av leidningsdata for drikkevatn i Norge.

Forskingsspørsmål: Kva er potensialet for å forbetra rapporteringssystemet av leidningsdata for drikkevatn i Norge?

Riksrevisjonen har tidlegare konkludert med at rapporteringssystemet er for dårleg og komplekst (Riksrevisjonen, 2023). Resultata i denne oppgåva styrkar Riksrevisjonen sine slutningar. Mykje av grunnen til dette er at innrapportering systemet er gammalt og utgått. Problemet består av formatet som Mattilsynet enda brukar der manuell rapportering i eit nettskjema var kanskje det beste før, men er i dag ein utdatert metode.

Gjennom intervju kom det som nemt fram at det var fleire av kommunane som hadde tendens til å gjera personlege feil når dei rapporterte inn data. Informantane hadde opplevd sjølv at dei hadde gjort feil under tidlegare innrapporteringar. Dei mente også at det var tidkrevjande å rapportere inn alt av endringar på leidningsnettets manuelt på eit nettskjema. Det er ein av grunnane til at det var inkonsistente verdiar i datasettet som toppen i lekkasjereperasjonar.

Ein anna grunn som gjer det utforande å utføre ein analyse, er det låge detaljnivået i innrapporteringa. For at det skal vera potensial for gode analysar, treng ein at fleire parameter som kan gi sikre resultat. Mykje av resultat i oppgåva var observasjonar av endringar i ulike parameter mellom 2015 og 2021 ved bruk av formel 1. Sjølv om ein får eit resultat, er det framleis ein stor usikkerheit tilknytt desse. Det er fordi at dei innrapporterte dataa ikkje skil mellom kva som er fornya og kva som er eventuelt funnet i ettertid av dei enkelte leggjeperiodane og materialet. Det gjer at endringsdataa som me analyserer inneheld summen av både ein eventuell auking og minking. Det vil sei at sjølv om endringa av leggjeperioden 1971-2000 er 15 %, så er mogleg at det er funnet 25 prosent leiingar i denne perioden, men også at det har blitt fornya 10 % som då gir summen 15 prosent.

Sidan same formel for endring er brukt for analysen av material, gjeld usikkerheita der også. Men her er det også ein anna utfordring angående lite spesifikk innrapportering. Innanfor hovudmaterialet er det mange ulike typar material som basere seg på innovasjonar gjennom tiden. I innrapporteringa, blir det berre rapportert ein verdi for materialet. For eksempel kan man berre leggje inn leiinglengda for jern, sjølv om det er både grått, duktilt, og korrosjonsbestandig duktilt støypejern. Dette gjer det vanskeleg å vite kor mykje jern som eigenleg har blitt utskifta, sidan materialet kan ha erstatta seg sjølv.

Dette tyder på at det er mykje potensial for både Mattilsynet og kommunane når det kjem til korleis ein kan få eit meir effektivt rapporteringssystem. Hovudansvaret ligg på Mattilsynet, som må oppdatere rapporterings systemet for at det skal vera moglegheit til å gjere analysar som kan bidra til betre leidningsfornyng .

Sidan kommunane legg mykje av informasjonen inn i kartdatabasen, er det eit potensial for at informasjonen som er samla der, automatisk kan overførast til eit rapporteringssystem. Det kan ha innverknad på at tida det tek kommunane å rapportere kan bli betydeleg reduserte. Det luker også vekk moglegheit for personleg feil under overføring frå database til nettskjema. Ved å samarbeid med BedreVANN, vil også Mattilsynet utvide området til BedreVANN som bidrar til alle kommunar får same oppfølging.

Til tross for at det mange kommunar som tar tak i kartlegginga av leidningsnettets sitt, så er det det mange som ikkje gjer det. Det er blant anna at kommunar manglar tilsette som kan utføre dette arbeidet og fordi det ikkje er så strenge krav eller oppfølging av kommunane. Ein stor del av vassverka i Noreg er vassverk under 50 personar tilknytt som ikkje oppgjev mykje informasjon. Mykje av grunnen til at dette ikkje blir gjort er at det tek for lang tid å rapportere inn denne informasjonen.

5.6 Hovudspørsmålet : Kvaliteten på leidningsdata for drikkevatt i Norge

Hovudspørsmål: Korleis er kvaliteten på det innrapporterte leidningsdata for drikkevatt i Norge?

Som diskutert og konkludert i dei ulike forskingsspørsmåla, er det varierende kvalitet på dei innrapporterte dataa. For nokre av dataa er det mogleg å samanlikna trendar til ein viss grad utifrå metoden som er brukt. Me ser at utskifting frå leggjeperiodane samsvarer med den historiske utviklinga i Noreg, særleg for de tidlegaste leggjeperiodene og at lekkasjereperasjonane er nøyaktige så lengde ikkje det er blir gjort innrapportert store feil. Mykje av dataa har stor usikkerheit som gjer det utfordrande å levera presise resultat som blant anna delar av regresjonsanalysane og ulike endringane av leggjeperiodane og materialet. Grunnen er at kommunane sender inn data som ikkje er eigna til ein analyse som skal gi nøyaktig resultat som følgje av at rapporteringssystemet er utdatert og dataa som blir rapportert inn er veldig generell. Dette medfører at kvaliteten på innrapportering blir personavhengig og for lite detaljert til å gi godt grunnlag for analyse. Kvaliteten på leidningsdataa er difor ikkje gode nok til å gjere analysar som kan bidra med å forbetre fornyingstakten til Norge.

6 Konklusjon

Gjennom seks spørsmål sett oppgåva lys på moglegheiter og avgrensingar for dataa som beskrive det norske leidningsnett.

Disse spørsmåla konkluderer med at:

- Ein kan sjå endringar på leggjeperiodar og materialtypar basert på vassverkstørrlese og geografisk variasjon som gir gode estimat for den historiske bakgrunnen av leidningsnett til Noreg.
- Mengd lekkasjereperasjonar vi får ein svak utvikling på grunn ettersom perioden 1971-2000 som har flest brot vil bli eldre.
- Den lineære regresjonen viser eit god estimert bilde sjølv med usikkerheitene, og unntaket 1971-2000 stemmer ikkje på måten dataa frå denne periodane er rapportert inn.
- Det unaturlege verdiane og trenda er av fleire årsaka. Det er at manuell innrapporteringa opnar for personleg feil, for lite detaljert til grundig analyse, at ikkje alle kommunar har god nok oversikt over leidningane sine eller gjer arbeide for å kartlegge drikkevassleidningar og kommunesamanslåinga.
- Det er eit potensial å forbetre rapporteringssystemet med å gjer det automatisk og tettare samband og strengare krav til kommunane.
- Kvaliteten til den innrapporterte dataa gir gode estimat for leidningsnett , men vil ikkje bidra til å forbetre strategien for fornying av vassleidningar.

På bakgrunn av diskusjonen av desse spørsmåla kan ein konkludera med at dataa kan brukast til å forstå den historisk utvikling av leidningsnett i Noreg , men nokon at av det ikkje gir eit presist bilde av utviklinga. Dermed vil dagens system for innrapportering ikkje medverka til å forbedra strategien for leidningsfornyng på grunn av betydeleg usikkerheit. For at det skal blir aktuelt, må det setja strengar krav til innrapportering frå kommunane og at rapporteringssystemet må oppdaterast for å leggje til rette for betre analysar.

6.1 Videre arbeid

Som nemnt i oppgåva er det usikkert om avanserte analysar hjelpe til å presiser eit tydlegare resultatet på grunn av usikkerheitene. Så for å jobba vidare med oppgåva er det moglegheit utvida datasettet med samanstillta historiske data tidlegare enn 2015. Ved å få eit større tidsperspektiv på dei innrapporterte dataa, er det lettare å gjere estimat som enten underbyggjer denne oppgåve eller at ein finn fleire funn som kan vera relevant for framtid.

Eit anna alternativ er å komme med eit å djupare forslag i korleis ein kan forbedra innrapporteringssystemet ved å sjå på det samfunnsøkonomiske perspektivet, som kan konkludere med om mattilsynet tenar på oppdatere leidningsnett i det lange løp.

Referansar

- BEDREVANN. Available: <https://bedrevann.no/> [Accessed].
- BRAUT, G. S. B. & DAHLUM, S. D. 2021. regresjonsanalyse. Available: <https://snl.no/regresjonsanalyse>.
- BREEN, T. 2019. *Prisen for vannlekkasjer - presisering* [Online]. Available: <https://norsk vann.no/10-nyheter/2180-prisen-for-vannlekkasjer-%E2%80%93-presisering> [Accessed].
- BRUASET, S., BECKER, M. A., REKSTEN, H. & MATHIESEN, T. B. 2021. Kommunalt investeringsbehov for vann og avløp 2021 – 2040.
- FERNANDO, J. 2023. R-Squared: Definition, Calculation Formula, Uses, and Limitations. Available: <https://www.investopedia.com/terms/r/r-squared.asp>.
- FURUBERG, K. 2021. Drikkevannsledninger av asbest. Available: <https://norsk vann.no/drikkevannsledninger-av-asbest/>.
- HELSETH, L. E. 2019. *Glasfiberarmert plastrør* [Online]. Available: https://snl.no/glasfiberarmert_plastror [Accessed].
- JOHANSEN, T. A. 2004. *Det viktige vannet : norsk vann- og avløpshistorie*.
- LOVDATA 2016. Forskrift om vannforsyning og drikkevann (drikkevannsforskriften).
- LØVIK, B. 2010. Muligheter med Gemini VA. Available: <http://www.disfva.no/files/Innlegg32.pdf>.
- MATTILSYNET. 2014. NASJONALE MÅL FOR VANN OG HELSE. Available: https://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/drikkevann/nasjonale_maal_vann_og_helse/brosjyre_om_nasjonale_maal_for_vann_og_helse.36777/binary/Brosjyre%20om%20nasjonale%20m%C3%A5l%20for%20vann%20og%20helse.
- MATTILSYNET. 2020. *Årlig rapportering fra vannverkseiere* [Online]. Available: https://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/drikkevann/arl原因_rapportering_fra_vannverkseiere/ [Accessed].
- NORDHEIM, C. F., LYGSTAD, T. M. & STEINBERG, M. 2022. Rapportering av data for vannforsyningssystemer i Norge for 2021.
- NORSK KLIMASERVICESENTER 2015. Klima i Norge 2100.
- NORSK VANN. *Ledningsfornyelse* [Online]. Available: <https://norsk vann.no/ledningsnett-og-teknologi/ledningsfornyelse/> [Accessed].
- NORSK VANN. 2023. *Om opplæringsordningen ADK* [Online]. Available: <https://va-kompetanse.no/adk/om-adk-opplaeringsordningen/> [Accessed].
- ODDEVALD, J.-E. & HANSEN, A. 2004. VANNLEDNINGSRØR I NORGE. Historisk utvikling.
- PATIL, P. 2018. What is Exploratory Data Analysis? Available: <https://towardsdatascience.com/exploratory-data-analysis-8fc1cb20fd15>.
- RIF 2021. NORGES TILSTAND 2021.
- RIKSREVISJONEN. 2023. Myndighetenes arbeid med trygt drikkevann.
- SSB. 2022. *Kommunal vannforsyning* [Online]. Available: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/vann-og-avlop/statistikk/kommunal-vannforsyning> [Accessed].
- WHO 2003. Asbestos in Drinking-water
- ØDEGAARD, H. 2014. *Vann- og avløpsteknikk*, Norsk Vann.
- ØVERBY, H. 2021. *Regneark* [Online]. Available: <https://snl.no/regneark> [Accessed].



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway