

Jonas Klingen  
Christian Asbjørnsen

## Rehabiliteringsmetode for asbestledninger ved Slinningen, Hessa

Ålesund kommune ønsker å skifte ut  
vannledninger av asbest på grunn av helserisiko  
og utløpt levetid.

Bacheloroppgave i Byggingeniør - Vann og Miljøteknikk  
Veileder: Einar Løkken  
Medveileder: Kristian Fjørtoft  
Mai 2024



Jonas Klingen  
Christian Asbjørnsen

## **Rehabiliteringsmetode for asbestledninger ved Slinningen, Hessa**

Ålesund kommune ønsker å skifte ut vannledninger  
av asbest på grunn av helserisiko og utløpt levetid.

Bacheloroppgave i Byggingeniør - Vann og Miljøteknikk  
Veileder: Einar Løkken  
Medveileder: Kristian Fjørtoft  
Mai 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden





## **FORORD**

Denne oppgaven er fremstilt av Christian Ervik Asbjørnsen og Jonas Kligen som den siste delen av bachelorprogrammet Vann og Miljøteknikk ved Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk på Norges teknisk-vitenskapelige universitet NTNU Ålesund.

I samarbeid med Ålesund kommune har vi utarbeidet en oppgave som tar sikte på å bestemme hvordan eternittledningene (heretter omtalt som asbestledninger) på Slinningen, Hessa, skal saneres eller byttes ut. Vi vil også vurdere forskjellige metoder for ledningsutskiftning, med hovedfokus på NoDig-teknologi og konvensjonell graving. I oppgaven har vi benyttet Novapoint og AutoCAD for kartlegging og prosjektering for den konvensjonell gravings metoden, hvor vi har tidligere erfaringer fra studiets gang, samtidig som vi fikk lære mer om NoDig og NoDig-kalkulatoren hvor vi bare har fått en introduksjon fra tidligere. Selv om at det meste i oppgaven er forklart så antas det at leser sitter på relevant kunnskap om temaet.

Oppdragsgiver er Ålesund kommune og vi ønsker å takke Arve Olav Bang (Virksomhetsleder for Vann og Avløp Ålesund kommune), Einar Løkken (Veileder for Vann og Avløp Ålesund kommune), Kristian Fjørtoft (Veileder NTNU) og Torodd Nord (Førsteamanuensis NTNU) for god hjelp og lærerikt samarbeid under prosjektperioden.

## **SAMMENDRAG**

Ålesund kommune har et behov for å sanere gamle asbestledninger på Hessa og har bestemt at det skal evalueres for to forskjellige utskiftingsmetoder: NoDig-teknologi og konvensjonell graving. Dette prosjektet tar sted på Sævollan, Stavnesvegen, Hessavegen, Slinningsvegen og deler av Kaptein Lignes veg, hvor ledningene har nådd eller nærmer seg sin forventende levetid, og kan utgjøre en helsefare ved mulig frigjøring av asbestfibre.

I denne oppgaven sammenlignes kostnader, tidsbruk og miljøpåvirkning av de to metodene for å finne den mest effektive og bærekraftige metoden. For å støtte denne evalueringen, så vil en alternativ modell med tekniske løsninger bli utviklet i AutoCAD og Novapoint for Konvensjonell graving, og en vurdering for NoDig-teknologi vil bli utviklet gjennom en unik kalkulator fra Asplan Viak.

I løpet av prosjektet vurderes flere aspekter av ledningsnettet, en av disse er hvordan en på riktig måte kan håndtere asbest. Noe som må behandles med stor forsiktighet for å minimere risikoen for miljø og helse. Det vil også tas hensyn til begrensningene til terrenget på Hessa.

Ved å analysere og sammenligne disse to metodene, så bidrar oppgaven til en begrunnet avgjørelse for Ålesund kommune, som vil resultere i fornyelse av vannforsyning og ledningsnett på en måte som er kostnad- og tidseffektivt og reduserer miljøpåvirkning. Som er i tråd med kommunes overordnede mål om å forbedre vannkvalitet, samtidig som en sikrer offentlig helse og miljø.

Resultat vi har kommet fram til er at NoDig-teknologi tilbyr en langt bedre løsning for utskifting av asbestledningene på Hessa, i motsetning til konvensjonell graving. Dette kan vi konkludere med tanke på resultatet vi har kommet fram til. Med NoDig-teknologi så er kostnaden for prosjektet langt billigere, det blir mye mindre utslipp og tidsrammen for helheten av prosjektet kortes ned. Dette gir tilstrekkelig grunnlag i forhold til problemstillingen. Andre fordeler inkluderer også arealbruk og redusert forstyrrelser for nabolaget, som vil være positive tillegg.

## TERMINOLOGI

### *BEGREPER*

**Sanere** – Definisjon: “Sanere betyr å gjøre sunn. Ordet har egne betydninger innen fagområdene økonomi, bygging og medisin.” (1).

**SDR-verdi** – «Utvendig diameter dividert på veggtykkelse» (2)

**SOSI** – Nasjonale formatet for utveksling av geografisk informasjon i Norge.

**Varerør** – Rør som brukes til å beskytte eller føre andre rør, kabler eller ledninger

**Medierør** – Rør som transporterer ulike medier som f.eks. vann, overvann og spillvann.

**Rymmekrone** – Verktøyskomponent som brukes under boring for å utvide borehullet og skape plass til nytt rør.

**Opprømming** – Prosess hvor borehullet blir utvidet til en større diameter.

**Grenrør** – Rørforgrening med flere rør som samler eller fordeler en strøm av gass eller væske (3).

**Anboring** – Tilknytning av sideledning (stikkledning) til hovedvannledning under fullt vanntrykk (4).

**Epoksyharpiks** – Gruppe syntetiske harpikser/forbindelser som er herdbare, og som er mye brukt til fremstilling av blant annet epoksyplast.

**VA-normen** – Dokument som klargjør krav til teknisk standard på anleggene som kommunen skal eie og overta for drift og vedlikehold, men vil så langt det er praktisk mulig også danne grunnlag for krav til standard i kommunale utbyggingsavtaler og overfor private utbyggere.

**Duktilt støpejern** – Også kalt Seigjern. Type støpejern kjent for sin formbarhet og styrke, lages ved tilsetning av magnesium.

### *FORKORTSELSER*

**FHI** – Folkehelseinstituttet

**PU** – Polyuretanbelegg

**PE** – Polyetylen

**PVC** – Polyvinklorid

**PP** – Polypropylen

**UV** - Ultrafiolett

**PVU** – Personlig verneutstyr

**VA** – Vann- og avløpsvirksomhet

# INNHOLDFORTEGNELSE

1. Innledning .....	1
1.1 Bakgrunn og oppgavebeskrivelse .....	1
1.2 Problemstilling .....	2
1.3 Avgrensninger .....	2
2. Teori .....	3
2.1 Historisk kontekst .....	3
2.2 Bærekraftig utvikling .....	3
2.3 FNs Bærekraftsmål .....	3
2.4 Asbest .....	4
2.5 Utbytte av kummer .....	5
2.6 Konvensjonell graving .....	6
2.7 NoDig-teknologi .....	7
2.8 Historisk Utsyn og Norsk Kontekst .....	9
2.9 NoDig-metoder .....	10
2.9.1 Rørtrykking .....	10
2.9.2 Boring .....	10
2.9.2.1 Styrting i løsmasser .....	10
2.9.2.2 Boring i fjell eller kombinasjons-masser .....	11
2.9.2.3 AT-boring .....	12
2.9.3 Rørinnføring .....	13
2.9.4 Utblokking .....	13
2.9.5 Strømperenovering .....	14
2.9.6 Tett-tilsluttet rør .....	15
2.9.7 Belegg .....	16
2.9.8 NoDig-kalkulator .....	17
3. Metode .....	18
3.1 Prosjektering for konvensjonell graving .....	18
3.2 Valg av NoDig-metode .....	22
3.2.1 Metode - NoDig-kalkulatoren .....	24
4. Resultat og diskusjon .....	24
4.1 Konvensjonell graving .....	25
4.2 NoDig .....	26
4.3 Vestsiden .....	26
4.3.1 Konvensjonell graving for vestsiden .....	27
4.3.2 NoDig-metode for vestsiden .....	27

4.4 Østsiden.....	28
4.4.1 Konvensjonell graving for østsiden. ....	29
4.4.2 NoDig-metode for østsiden.....	29
5. Konklusjon.....	30
6. Referanser .....	32

## FIGUR OG BILDELISTE

Figur 1 Dette er et kartutsnitt av Hessa, hvor asbestledningene er markert i rødt. ....	2
Figur 2 Til venstre så kan en se vanlig syn i norske kummer før fornying, og til høyre er det etter fornyingen (15). ....	5
Figur 3 NoDig Metoder kategorisert i ulike kategorier (24).....	8
Figur 4 Illustrasjon av pilotboring ved styrtboring i løsmasser (25).....	11
Figur 5 Illustrasjon av Hammerboring med varerør i kombinasjonsmasser (26). ....	12
Figur 7 Eksempel på installasjon av Tett-tilsluttet rør som er sammenfoldet på fabrikk (31).....	16
Figur 8 Sluttsiden av NoDig kalkulatoren (32).....	17
Figur 9 Bilde fra novapoint hvor en kan se deler av østsiden. ....	18
Figur 10 Slik ser kartgrunnlaget ut når det har blitt overført til AutoCAD. ....	19
Figur 11 Dette er figur 10 zoomet inn, for en bedre oversikt. Her kan en også se overlappen av "øst" og "vest"-side som da er de røde strekene til venstre.....	19
Figur 12 Slik blir grøftetverrsnittet med vannledningen.....	20
Figur 13 Dette er menyen hvor en kan justere størrelse, type, klasse og andre faktorer. ....	20
Figur 14 Slik blir det nye ledningsnett seende ut for vestsiden.....	21
Figur 15 Dette er figur 14 zoomet inn, får en bedre oversikt.....	21
Figur 16 Eksempel av bruk av NoDig Kalkulator (32).....	24
Figur 17 Nytt ledningsnett for vestsiden.....	27
Figur 18 NoDig-kalkulator hvor utblokking og åpengrøft blir benyttet (32).....	28
Figur 19 Nytt ledningsnett, med eksisterende vannledning som går utenfor veibane. ....	28
Figur 20 Nytt ledningsnett for østsiden.....	29
Figur 21 Utblokking mot graving på Østsiden del 1 (32). ....	30
Figur 22 Utblokking mot graving på Østsiden del 2 (32). ....	30

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn og oppgavebeskrivelse

Ålesund kommune har i lang tid ønsket å skifte ut vannledninger laget av asbest. Grunnlaget for at de skal utskiftes er fordi asbest kan utføre en helserisiko og levetiden deres er nådd siden mesteparten av asbestrør ble lagt 1960- og 1970-tallet. Selv om risikoen for å utvikle sykdommer fra vannet i rørene er relativt lav, så øker risikoen betraktelig ved eventuelle lekkasjer og reparasjonsarbeid. Ved slike tilfeller kan asbestfibrene, som er skadelige, frigjøres (5).

Ålesund kommune har kartlagt en god andel gamle asbestledninger på Hessa, som er markert i rødt på figur 1. I henhold til planen for vannforsyning, så er det bestemt at disse ledningene skal saneres. Denne oppgaven vil foreta en evaluering av to metoder for utskifting av disse asbestledningene, og disse metodene er NoDig-teknologi og konvensjonell graving. Dette utføres fordi det kreves en vurdering for å bestemme om NoDig-teknologi kan benyttes eller om det er nødvendig med konvensjonell graving. Prosjektering for konvensjonell graving skal utføres i AutoCAD og Novapoint, og løsningen skal overholde VA-normene for Ålesund kommune. Ålesund kommune stiller med nødvendig kartgrunnlag og tilgjengelig data for oppgaven. NoDig vurderingen blir utført med NoDig- kalkulatoren til Asplan Viak.

Bærekraft omtales ofte i ulike sammenhenger, og det har aldri vært så viktig og populært å inkludere i mesteparten av prosjekt. FNs bærekraftsmål skal være med på å stoppe klimaendringene innen 2030 (6). For å oppnå dette må alle ulike prosjekt ta del i denne positive endringen. Dette gjøres ved at prosjekter kan ta utgangspunkt i ulike bærekraftsmål. Denne oppgaven tar for seg bærekraftsmålene: 6 – Rent vann og gode sanitærforhold og 9 – Stoppe klimaendringene. Disse skal vektlegges og brukes som begrunnelse for noen av valgene tatt i denne oppgaven.

Oppgaven er strukturert med en teoridel som først gir bakgrunnsinformasjon om emnet. Deretter følger en metodedel, hvor vi beskriver prosessen vi har benyttet for å komme frem til våre resultater. Til slutt presenteres resultatene og en konklusjon, hvor vi identifiserer den beste alternative løsningen for vår problemstilling. Prosjektområdet som er delt i to, omhandler Stavnesvegen og Sævollen på vestsiden av kartet, samt Hessavegen, Slinningsvegen og deler av Kaptein Linges veg på østsiden.



Figur 1 Dette er et kartutsnitt av Hessa, hvor asbestledningene er markert i rødt.

## 1.2 Problemstilling

I denne oppgaven blir problemstillingen vår å gjøre en vurdering for hvilken metode, NoDig-teknologi eller konvensjonell graving, som er mest effektiv og bærekraftig for utskifting av asbestledninger. Området oppgaven omhandler er Slinningen/Hessa, og vurderingen blir basert på en evaluering av kostnader, tidsbruk og miljøpåvirkning.

## 1.3 Avgrensninger

Prosjektet avgrenses til utskifting av asbestledninger som nevnt i kapittel 1.2. Det blir ikke gjort en vurdering for overvann og spillvann ettersom oppgaven går utpå utskifting av ledninger av asbest. Oppgaven tar for seg NoDig kalkulatoren laget av Asplan Viak og bruker denne som en miljøanalyse, samt kostnadsanalyse for den endelige NoDig metoden. Kalkulatoren brukes ikke som kostnadsanalyse for konvensjonell graving ettersom vi har fått data fra Ålesund kommune som viser andre tall angående kostnad ved graving. Informasjon angående tidsbruk er hentet fra aktuelle entreprenører som Båsum Boring AS. Det blir gjort antagelser ved manglende informasjon. Videre avgrenses oppgaven av informasjon fra tilsendte kart, SOSI-filer og eksisterende data.

## 2. Teori

### 2.1 Historisk kontekst

Før kommunesammenslåingen i 2020, så hadde Ålesund kommune et vannledningsnett som var 308km langt og besto av 13,7 kilometer med asbestledninger. Hvor mer enn 130km av ledningsnettet ble lagt før 1980 tallet. En forventet levetid på en asbestledning kan være alt fra 50-70 år på denne tiden (7). Dette gjør at ledningene får dårligere kvalitet over årene og det kan ha oppstått sprekker, som vil påvirke drikkevannskvaliteten. I Ålesund sitt vannbudsjett fra 2016 ble det estimert et lekkasjetap på 130,7 l/s, og etter hovedplanen til Ålesund kommune laget i 2019. Så har de som mål å redusere lekkasjetallene og forholde seg til drikkevannskvalitets kravene til drikkevannsforskriften, derfor vill det være nødvendig å utskifte/rehabiliterer store deler av det eksoterendeledningsnettet (8). Ålesund kommune har også ønske om å lage et høydebasseng ved Hessa/Slinningen for å kunne å sikre tilstrekkelig mengde vann ved krisesituasjoner som f.eks. brann.

### 2.2 Bærekraftig utvikling

I 1987 kom rapporten «Vår felles framtid» fra Brundtlandkommisjonen ut og skapte stor oppmerksomhet rundt begrepet «bærekraftig utvikling». Denne rapporten tok opp koblingen mellom økonomi, miljø og sosial utvikling og definerte bærekraft under disse 3 dimensjonene, samt en utvikling for menneskers behov utenom å gå på bekostning av fremtidige generasjoner. De 3 dimensjonene innebærer:

- **Økonomi**, denne delen går utpå å sikre økonomisk trygghet for mennesker og samfunn. I tillegg til å fordele mer rettferdig handler denne delen om å endre måten vi bruker ressurser på for å sikre en bærekraftig utvikling.
- **Miljø**, går utpå å løse miljøkrisen med ekstra fokus på klimagassutslipp-krisen.
- **Sosial utvikling**, går utpå å sikre at alle mennesker får et godt og anstendig liv. Dette gjøres ved å fokusere på temaer som: Utdanning, anstendig arbeid, likestilling, kulturelt mangfold og et godt helsetilbud.

### 2.3 FNs Bærekraftsmål

FNs 17 bærekraftsmål er en global felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikheter og stoppe klimaendringene innen 2030. Nedenfor er en oversikt over bærekraftsmålene som er ansett som viktig for denne prosjektoppgaven:



6 – Rent vann og Sanitære forhold: «Sikre bærekraftig vannforvaltning, tilgang til vann og gode sanitærforhold for alle.» For denne oppgaven vil relevansen være å «reparere» ledningsnett for å sikre kvaliteten på vannet og forsikre oss om at rørene ikke lekker (9).

13 – Stoppe klimaendringene: «Handle umiddelbart for å bekjempe klimaendringene og konsekvensene av dem (10).» Målene er å forhindre den at globale oppvarmingen stiger temperaturen med mer enn 1,5 grader og at verds klimagassutslipp blir null innen 2050. For denne oppgaven vil dette være veldig relevant når det velges metode for utskiftning av ledning, hvor som oftest mer graving vil tilsi mer CO<sub>2</sub>-utslipp.

## 2.4 Asbest

Asbest ble tidligere brukt i mange byggematerialer, inkludert vannrør, på grunn av dets varmebestandige egenskaper og holdbarhet. Senere har det vist seg at asbest er helseskadelig. Asbestfibre kan frigjøres i luften når asbestholdige materialer blir forstyrret eller skadet. Hvis en skulle være så uheldig å inhalere disse fibre så kan det forårsake alvorlige lungesykdommer, blant annet kreft (11).

Det har vært en stor utskiftning av asbestledninger i Norge de siste tiårene. Dette skyldes at dens levetid er nådd grunnet at asbestledninger ble lagt på 1970- og 1980-tallet. Dette gjør at bruddfrekvensen til de eldre asbestledningene øker og at vannkvaliteten kan bli verre. Men nye litteraturgjennomganger viser ingen klare punkter for at asbest skal være en helserisiko for drikkevannsnettet. Samtidig har FHI uttrykt bekymring angående at det ikke er gjort nok dokumentasjon på at asbest ikke kan være en helserisiko (12). I 2019 ga Norges Miljøvernforbund brev til alle norske kommuner og statlige virksomheter som omhandlet at det skal kartlegges og iverksettes planer for fjerning av alle drikkevannsrør av asbestsement (13).

I forbindelse med håndtering av asbest så er det flere faktorer en må vurdere. Først og fremst krever enhver form for arbeid som inneholder asbest en tillatelse fra arbeidertilsynet. Dette skyldes at regelverket setter strenge krav til planlegging og gjennomføring av asbestsanering. Dette er for å hindre eksponering til asbeststøv, hvor helserisikoen ligger. Arbeidere som skal håndtere dette farlige avfallet må bruke PVU. Det asbestholdige materialet skal også fuktes for å redusere spredning av fibre og fjernes med stor forsiktighet for å opprettholde materialet intakt. Når det gjelder håndtering så skal asbest pakkes inn i merkede, lufttette beholdere/plast og transporteres til godkjente deponier som har muligheten til å håndtere farlig avfall. Det er

viktig at prosedyrene for håndteringen følges nøye for å sikre sikkerheten til både arbeiderne og allmennheten, samt også for å overholde relevante helse- og sikkerhetsforskrifter (14).

## 2.5 Utbytte av kummer

I forbindelse med fornyelse av et ledningsnett, bør en også vurdere utskifting av eksisterende kummer. Ifølge Olimb så er standarden på kummer ofte lik standarden på ledningene, altså dårlig. Derfor er det nødvendigvis ikke bare nok å fornye ledningene i ledningsnett, hele systemet burde fornyes for å unngå for eksempel inn- og utlekking av fremmedvann i en overvannskum.

En inspeksjon av kummene kan gi en god oversikt og informasjon om skadeomfanget. Ved hjelp av forskjellige metoder så kan det ofte unngås å grave opp kummene, og heller renovere eksisterende kummer til en god nok standard, om funksjonaliteten og tilstand tilsier at det er mulig. Renovering av kummer kan bli dyrt, så det burde gjøres en vurdering for om dette er beste løsning eller om utskifting av hele kummen er mest lønnsomt. På figur 2 kan en se en kum som har blitt fornyet.



*Figur 2 Til venstre så kan en se vanlig syn i norske kummer før fornying, og til høyre er det etter fornyingen (15).*

Tidligere så var kummene noe som kunne bli oversett og nedprioritert i ett prosjekt, dette skjedde ofte til fordel for å fornye flere meter med ledninger. Nå har flere fått en forståelse for at kummene har en essensiell betydning for effektiv drift av hele ledningsnett. Blant annet så er de kritiske punkter for vann- og avløpsoperatører som må kunne komme seg raskt, trygt og enkelt ned for å utføre kontroller og vedlikehold.

Det kan konkluderes med at det er viktig å huske på at det kan bli dyrt å overse kummene under rehabiliteringsprosjekter, fordi de er nøkkelen til å opprettholde og sikre funksjonaliteten til hele ledningsnett. Derfor bør hvert eneste fornyelsesprosjekt utføre vurdering både for ledninger og kummer (16).

## 2.6 Konvensjonell graving

Når det er behov for gravearbeid på offentlig vei, så kreves det gravetillatelse, også kjent som graveløyve, i samsvar med §§ 32 (17) og 57 (18) i vegloven. Dette er for å sikre at all graving overholder gjeldende lovverk. Spesielt viktig når graving utføres nær kommunale vann- og avløpsnettverk er at det ikke påbegynnes før nødvendig påvisning av kabler og ledninger er gjort. Påvisningskjemaet som følger med denne prosessen må også være utfylt og signert. Søknaden om gravetillatelse vil ikke bli godkjent før «søknad for påvisning» er det.

Når det kommer til utførelse av graving, særlig ved utskiftning og installasjon av vann- og avløpsrør. Så begynner prosessen med å søke om nødvendige tillatelser. I slike tilfeller bør en kontakte Ålesund kommune eller den lokale bygningsmyndigheten for å få kunnskap om de forskjellige prosedyrer og tillatelser som gjelder for området der det skal graves. Dette er viktig fordi regelverk kan variere fra ett prosjektområde til et annet, og det å få en oversikt over gjeldende regler vil være den mest fornuftige starten på et prosjekt.

Det er verdt å merke seg at en gravetillatelse må følge retningslinjer fastsatt for kommunale veier, fylkeskommunale veier eller Statens vegvesen. Godkjent gravetillatelse gir kun rettigheter til å utføre selve gravingen og gir ingen tillatelse til å legge ned nye ledninger eller kabler.

Når det gjelder gravearbeid på privatgrunn, så kan reglene variere av ut ifra hvilken kommune prosjektet befinner seg i. Enkelte kommuner gir veieier retten til å bestemme selv, mens andre krever gravemelding uansett omstendigheter. På grunn av at reglene kan være kompliserte, og varierer fra sted til sted, så kan det være fornuftig av involverte parter tar kontakt med den lokale kommunen. Dette er for å få en forståelse for de gjeldene reglene og opplysning om det eventuelt er eksisterende reguleringsplaner for det spesifikke området. Ved usikkerhet rundt regler og krav, så er det mulig å be om et møte med plan- og bygningsetaten. Ett slikt møte kan tilby verdifull innsikt og en forståelse for hva som gjelder for det planlagte området (19,20).

Ved fornyelse av ledningsnett gjennom konvensjonell graving er masseutskifting en viktig del av prosessen for å oppnå stabilitet og forlenge infrastrukturens levetid. Masseutskifting betyr å

fjerne eller forbedre eksisterende løsmasser for å sikre god bæreevne og god drenering. En grundig planlagt og utført masseutskifting, vil bidra til bedre vannhåndtering rundt ledningsnett og reduserer risikoen for fremtidige strukturelle problemer (21). Etter at grøften er gravd ut, er det viktig å komprimere grøftebedet for å sikre et stabilt fundament for rørlegging. Dette innebærer bruk av komprimeringsutstyr for å pakke jordlagene godt sammen og forhindre setning. Når de nye ledningene blir lagt i grøften så er det viktig at de plasseres riktig og nøyaktig, dette er for å sikre korrekt funksjon. Når rørene er lagt pakkes de inn i sand, singel og andre egnede materialer. Disse materialene og massene må komprimeres nøye rundt ledningene, dette er for å beskytte og støtte dem. Dette er viktig, fordi om det ikke blir gjort slikt så kan ledningene bevege seg og i verstefall bli skadd.

Til slutt så dekkes grøften med de opprinnelige massene, om tilstanden på den tilsvarer at det er mulig. Det er avgjørende at overdekkingen også komprimeres for å sikre at overflaten blir stabil og ikke synker. Dette trinnet er avgjørende for å gjenopprette området til en bedre tilstand. Hvis rørleggingen, pakkingen rundt røret, komprimeringen og overdekkingen blir utført riktig, så kan en forsikre seg en god infrastruktur med lang levetid og god kvalitet. Videre vil dette minimere fremtidig risiko for skader slik som lekkasje og setningsskader og andre strukturelle feil (22)(23).

## 2.7 NoDig-teknologi

Grøftefri rørlegging, også kjent som NoDig, er en nyskapende og miljøvennlig metode for å reparere, installere og fornyelse av rørsystemer. Denne tilnærmingen har fått mye oppmerksomhet på ett internasjonalt nivå, for sin måte å redusere og til og med fjerne behovet for graving, i motsetning til konvensjonelle metoder. Denne bacheloroppgaven vil utforske NoDigs prinsipper og hvordan denne tilnærmingen påvirker byggebransjen, spesielt i Norge.

NoDig-prinsippene kort forklart er å anse eksisterende rørsystemer som verdifulle ressurser. Dette åpner opp for en effektiv fornyelse av infrastruktur og installasjon av nye rør uten å

forstyrre det omkringliggende miljøet i noe stor grad. Tre hovedkategorier av NoDig-metoder definerer denne tilnærmingen (figur 3):

METODER:	Strukturelle metoder:	Semi-strukturelle metoder:	Ikke-strukturelle metoder:
Rørtrykking / Nytt rør	X		
Boring i løsmasser / Nytt rør	X		
Boring i fjell eller kombinasjons-masser / Nytt rør	X		
Rørinnføring («Relining») / Nytt rør	X		
Utblokkning / Nytt rør	X		
Strømperenovering	X *	X	
Tett-tilsluttet rør	X **	X	
Belegg (Kun for vannledning)		X	X

Figur 33 NoDig Metoder kategorisert i ulike kategorier (24).

\*Strømpe blir oftest dimensjonert med ringstivhet som et nytt rør, og kan dermed være både strukturell og semistrukturell.

\*\* Leveres både som strukturell og semistrukturell, eksempelvis Compact Pipe som SDR17 kvalitet.

**1. Strukturelle metoder:** Det vil si at det nye røret skal kunne alene motstå alle opptredende krefter i hele dens levetid alene uten støtte fra eksisterende rør. Dette omfatter metoder som rørtrykking, boring i løsmasser, boring i fjell eller kombinasjonsmasser, rørinnføring, utblokkning og i noen tilfeller strømperenovering og tett-tilsluttet rør.

**2. Semi-strukturelle metoder:** Disse metodene er konstruert for å motstå opptredende krefter i hele levetiden og er avhengige av støtte fra eksisterende rør. Dette omfatter metoder som strømpeføring og strukturelle belegg, som styrker og fornyer eksisterende rørstrukturer.

**3. Ikke-Strukturelle metoder:** De er avhengige av eksisterende rør for å motstå krefter og er ideelle for situasjoner der minimal strukturforsterkning er nødvendig (24). Slike metoder inkluderer teknikker som gravfri boring og horisontal styring av rør.

Fordeler og ulemper med NoDig kontra graving (24):

Vurdering	Graving	NoDig
Infrastruktur og eksisterende bygningsmasser	Kan skape høye kostnader og ulemper, men kan være gunstig når det samarbeides med veifornyelser eller andre etater.	Skaper ingen eller minimale inngrep på eksisterende infrastruktur og lokalmiljø. Kan legge nye rør under

		eksisterende bygninger/næringer.
Grunnforhold, geoteknikk og leggedybde	Dyrt og krevende, av og til umulig ved vanskelige grunnforhold eller ved store dybder.	Uavhengig av dybde. De fleste grunnforhold kan passeres. Fjell kan være problematisk for Utblokking.
Tilstand eksisterende rør	Potensielt eneste mulighet ved rørkollaps. Godt alternativ hvis flere rør i samme grøft har dårlig kvalitet.	Utblokking trenger kun framføring av trekkstenger. Ved utblokking kan også mindre svanker utbedres.

## 2.8 Historisk Utsyn og Norsk Kontekst

NoDig har en betydelig historie i Norge, som går tilbake til 1960-tallet, med større renoveringer under Mjøs-aksjonen på 1970-tallet. Etter over 50 års utvikling har norske NoDig-aktører tilpasset og utviklet metoder for å imøtekomme lokale utfordringer, spesielt de som følger med krevende vinterforhold. Dette har involvert systematisk opplæring av personell og tilpasning av materialer og utstyr.

Selv om NoDig-metoder ofte er kostnadseffektive sammenlignet med tradisjonell graving, møter de utfordringer i form av tradisjonelle holdninger i vann- og avløpsbransjen. Skepsis mot ny teknologi og frykt for potensielle feil har vært en barriere for bredere aksept. Boken "NoDig: Grøftefri Rørlegging" søker å adressere disse hindringene ved å øke bevisstheten om metodenes potensial og begrensninger.

En vesentlig fordel med NoDig-løsninger er deres kostnadseffektivitet i forhold til konvensjonell graving. Disse løsningene er ikke bare økonomisk gunstige, men de reduserer også behovet for store arealinngrep, begrenser ulemper for publikum og har kortere anleggstid. NoDig bør derfor vurderes som et levedyktig alternativ ved planlegging av ledningsfornyelsesprosjekter. Statistikk fra Bergen kommune viser at NoDig-løsningene normalt har mellom 20-80 prosent lavere pris enn konvensjonell graving. Konvensjonell graving legger som oftest mellom 6-12 meter ledning per døgn i motsetning til NoDig som kan legge opptil 300-350 meter ledning per døgn (24).

NoDig representerer ikke bare en teknologisk innovasjon innen rørlegging, men også en bærekraftig løsning som bør integreres i moderne byggepraksis. Mens NoDig allerede har solid fotfeste i Norge, er det avgjørende å fortsette opplysningsarbeidet for å overvinne tradisjonelle holdninger og øke aksepten i VA-bransjen. Dette vil bidra til en jevnere overgang til NoDig som en standard praksis, og dermed realisere de betydelige fordeler denne tilnærmingen kan tilby.

## 2.9 NoDig-metoder

### 2.9.1 Rørtrykking

Rørtrykking går ut på å legge nytt medierør direkte i urørt terreng eller som et varerør som skal brukes ved innlegging av nytt medierør.

Det finnes flere varianter av rørtrykking, den enkleste og mest populære varianten er rørtrykking av helsveiset stålrør med åpen front direkte i urørt terreng. Denne metoden blir vanligvis brukt for eksempel under veier, jernbane eller over kortere strekninger. Løsmassene tas inn i stålrøret og blir fraktet ut progressivt ved hjelp av naverboring eller ved trykkluft/spyling etter installasjon. Vanligvis foregår rørtrykkingen fra en trykke-grop til en mottaks-grop (24). Metoden er veldig avhengig av innslag av stabilitetsstyrkende materialer. Anbefalt ledningsfall er over 15 promille. Og rørtypene som benyttes er:

- Betongrør
- Glaserte leirrør
- GRP-rør
- Stålrør

Mer avanserte rørtrykkemetoder kan brukes på større dyp. Slike metoder kan benyttes både over og under grunnvannsstanden.

### 2.9.2 Boring

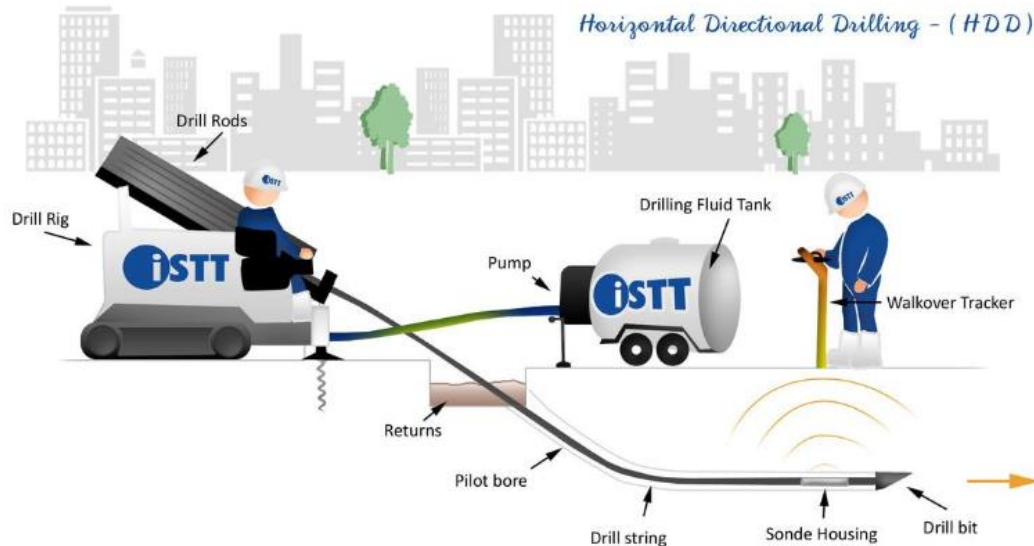
Ved boring er grunnundersøkelser en viktig faktor av planleggingen hvorav boringsmetoden er avhengig av grunnforhold. Dette er på grunn av at det må brukes ulike boremetoder/utstyr ut ifra ulike grunnforhold.

#### 2.9.2.1 Styrting i løsmasser

Styrting i løsmasser skaper muligheter for etablering av nye rør uten grøfter og utenom behov for inngreps- og mottaks-grop. Det utføres ved at et «pilotheull» bores fra boreriggen plassert på terrenget. Pilotborets posisjon navigeres frem under boringen. Dette skjer ved hjelp



av retnings- og posisjonsdata som sendes via en radiosender på pilotboret. Når pilotboret har nådd mottaksgropen, kobles det da av og en «rymmekrone» monteres på for å utvide borehullet under tilbaketrekking. Bak denne rymmekronen monteres det nye røret som skal trekkes inn. Røret kan trekkes inn direkte på første tilbaketrekking eller «opprømming». Denne rymmekronen er 20-30% større enn det nye røret som skal trekkes inn (figur 4).



Figur 44 Illustrasjon av pilotboring ved styrtboring i løsmasser (25).

Boring i løsmasser brukes som oftest i bymiljø og boligområder, under elver, veier og i vernede områder. Det brukes ofte der konvensjonell graving er for kostbart, umulig eller der graving kan være ugunstig grunnet andre årsaker. Metoden er svært nøyaktig i dens egnede grunnforhold. Kravet for nøyaktighet er avhengig av hvilken type ledning som skal etableres. Metoden medfører begrensede påvirkninger på terrenget og er ganske fleksibel, og kan ofte styre unna hindringer. Metoden kan operere ved forurenset grunn, og bløte grunnforhold. Ulemper med metoden er at den er veldig begrenset ut ifra grunnforhold og er lite egnet forhold som fjell, morene og stein. Den krever også god fremkommelighet for borerigg.

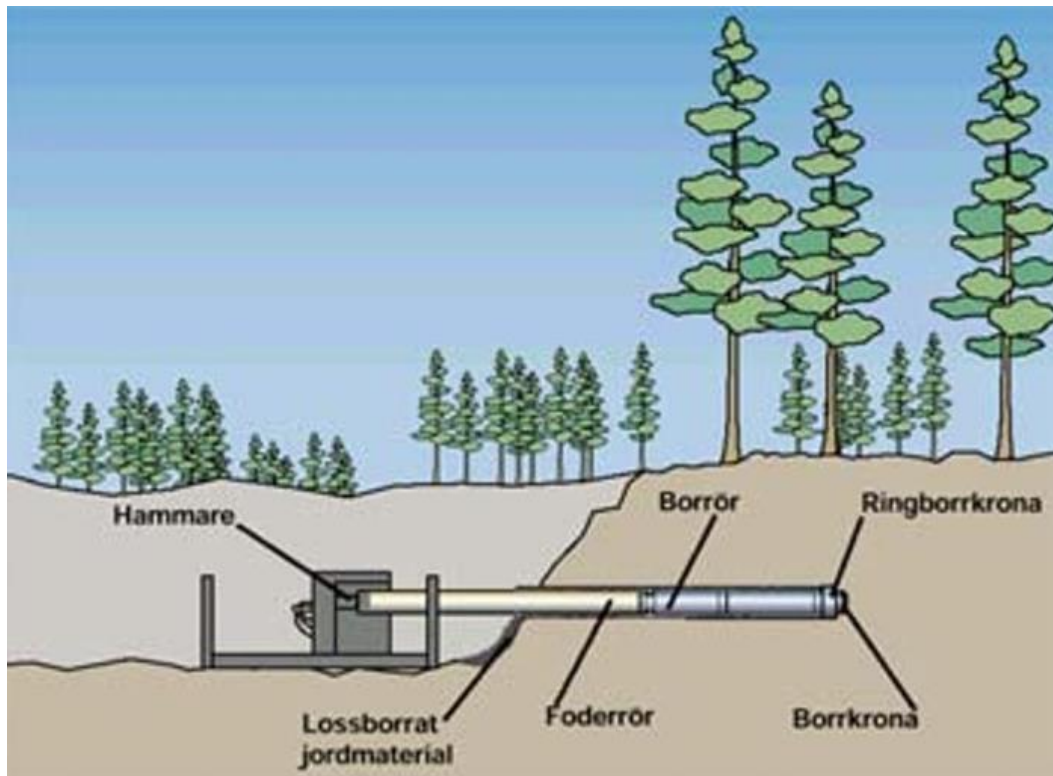
#### 2.9.2.2 Boring i fjell eller kombinasjons-masser

Det finnes ulike metoder for boring i fjell. I denne oppgaven tas opp Hammerboring (figur 5) og Styrtboring i fjell med doble borstenger.

Fjellboring utføres ved boring med en pilot som er styrbar. Grundige og gjentagende prøver tas underveis for å kontrollere retning i henhold til den planlagte og tidligere prosjekterte traseen.



Etter dette så blir det pålagt en “rymmekrone” på borstangen, som sikrer at hullet får riktige dimensjoner. Borkronen går gjennom fjell ved hjelp av kontinuerlig rotasjon og en slaghammer. Dette etterlater seg et stabilt og holdbart hull. Etter dette trekkes enkelt røret gjennom hullet. Fjellboring blir brukt ved å montere en “borstreng” på en “fjellborekrone”. Borelengder kan variere fra 10-600 meter.



Figur 55 Illustrasjon av Hammerboring med varerør i kombinasjonsmasser (26).

Boring i kombinasjonsmasser, hvorav kombinasjonsmasser anses som både løsmasser og fjell. Denne metoden kan utføres ved “hammerboring”. Denne metoden går ut på å bore med en trykklufthammer som slår og roteres gjennom massene i ønsket retning. Borelengden blir best mulig utført i en distanse mellom 10 og 90 meter. Retning kan delvis korrigeres under selve boringen, dette gjøres med kontinuerlig posisjonsmåling.

### 2.9.2.3 AT-boring

AT-boring som står for «All Terrain» er en videreutvikling av den tradisjonelle retningsstyrte boringen i løsmasser. Den følger hovedsakelig det samme prinsippet som den tradisjonelle retningsstyrte boringen i løsmasser gjør. Hvor det brukes pilotboring, opprømming og inntrekning av ledning, uten varerøret. Under AT-boring så brukes doble borstenger. Hvor den indre borstangen er en drivaksel for rulleborkrone og den ytre brukes til å styre med. Metoden brukes i praksis kun hvor det bores med en radius på minimum 250 meter. Metoden kan også

brukes ved boring i kombinasjonsmasser med fjell og løsmasser, morenemasser og sprengstein. Metoden er godt egnet til prosjekter der det stilles høye krav til lave marginer (24).

### 2.9.3 Rørrinnføring

Rørrinnføring også kalt “Relining”, eller «Inntrekning av rør» foretas ved innføring av nytt rør direkte i det gamle røret. Rørene kan trekkes inn ved hjelp av vinsj, eller i kombinasjon med skyving. Fordeler med denne metoden er at eksisterende rør brukes som en forskaling, og rørfornyelsen tar sted med vesentlig mye mindre graving enn konvensjonell graving. Ulempen er at dimensjonene på det nye røret blir redusert i forhold til det eksisterende røret og at det kan oppstå riper under installasjon, hvor bruk av PP-kappe kan være nødvendig (27).

Aktuelle rørtyper kan være:

- PE-rør i rette lengder, disse må sammensveises slik at det blir en kontinuerlig lengde før innføring. Ulemper her kan være nødvendighet for å fjerne innvendige sveisesvulster grunnet fare for økt begroing inne i røret.
- PE-rør levert på kveil, dette brukes for å unngå sveising og unngå reduisering av innføringsgropen sin lengde
- Korte seksjoner av PE, PP eller GRP som da må sammenkobles fortløpende under innføring
- Duktile støpejernsrør med strekkfaste skjøter. Disse må innføres på et stabilt underlag (24).

Denne metoden går utpå at det eksisterende rørets tverrsnitt kan reduseres ganske mye.

### 2.9.4 Utblokking

Utblokking, også kalt «rørknusing» eller «cracking» er en metode hvor det gamle røret «blokkes» ut med et konisk utblokkerhode laget av stål, som er påmontert et nytt rør for kontinuerlig innføring av nytt rør. Metoden er rask, miljøvennlig og smidig metode, hvor det ytre miljø og terreng får minimale belastninger. En fordel kan også være at det skapes minimale trafikkforstyrrelser som er viktig i urbane forhold. Under gode forhold kan utblokking blokke et ledningsstrek på 300-350 meter på en dag. Det er ikke nødvendig å deponere urene masser eller rør som er definert som urene som for eksempel asbest (28).

Utblokkingen utføres ved å lage en grop for trekkeutstyr i en ende (Figur 6), og en innføringsgrop for den nye ledningen i den andre enden. Gropene kan ofte med fordel sammenfalle med kummer som skal skiftes ut eller fornyes. Utblokking er den eneste metoden hvor det eksisterende røret kan oppdimensjoneres og samtidig få et helt nytt rør. Dette er

forutsatt at omfyllingsmassene kan tåle oppdimensjoneringen og nærhet til fjell i grøft, naboledninger og dybden på ledningen er forhold som må vurderes. For de mest vanlige dimensjonene mellom 150mm til 200mm, er det mulig med en nesten dobling av dimensjonen. Metoden kan utføres i Norge på dimensjoner varierende fra 75mm til 1000mm. Den maksimale lengden på en utblokking er cirka 220m, og det er strekkreftene i PE-materialet som er den begrensende faktoren. Det anbefales å bruke en utvendig PP-kappe for å beskytte medierøret for riper under installasjon, dersom PP-kappe ikke benyttes så er det vanlig å øke trykklassen for å kompensere for skaderisikoen på røret.

Aktuelle rørtyper:

- PE-rør i rette lengder
- PE-rør levert på kveil
- Polyvinylklorid (PVC)
- Glassfiberarmert Polyester (GRP)
- Duktile støpejernsrør med strekkfaste skjøter (24).



Figur 6 Utblokking med installasjon av tre nye rør i eksisterende rørtrasè (28).

### 2.9.5 Strømperenovering

Strømperenovering blir hittil hovedsakelig benyttet i avløpsledninger, men er forventet til å bli mer aktuelt for fremtidige vannledninger.

Denne metoden går ut på å føre inn en strømpeføring inn i det eksisterende røret. Dette trykkes og legges ut mot eksisterende rørvegg, så herdes det til et nytt rør på innsiden av det

eksisterende røret. Det benyttes 3 ulike hovedtyper av strømpeforinger for rehabilitering av vannledninger:

- Glassfiberforing (strukturell)
- Glassfiberarmert foring (semi-strukturell)
- Armert polyestervev-foring med PP/PE belegg innvendig (ikke-strukturell)

Strømpeforingen blir hovedsakelig lagd av glassfiber eller filterstrømpe, og er mettet med polyester eller epoksy-harpiks. Strømpeforingen herdes med varmt vann, damp eller UV-lys. Metoden krever veldig liten plass under innføring og utføres fra kum til kum.

Fordelen med strømperenovering er at man kan unngå graving tilnærmet 100% hvor graving ikke alltid er nødvendig under installasjon og gjenåpninger av anboringer. Dette er en av grunnene for at denne metoden er en av de mest etterspurte metodene av ledningseiere i større bebodde områder (29).

#### 2.9.6 Tett-tilsluttet rør

Tett-tilsluttet rør anses som å være en semi-strukturell metode og strukturell metode. Denne NoDig metoden går ut på å føre inn et foldet eller innsnevret rør inn i det eksisterende røret. Det innførte røret trykkes ut og legger seg ut mot eksisterende rørvegg. Tverrsnittet i det nye røret vil bli mindre enn det eksisterende røret, men på grunn av glatte flater i det nye røret vil ikke dette påvirke gjennomstrømmingsevnen i en særlig stor grad (30).

Denne metoden har 3 varianter:

- Rør bli produsert med umiddelbar sammenfolding, og oppkveiling. Rørkveil blir tatt med til anleggsområdet. Deretter varmes røret opp før innføring i en sammenfoldet tilstand. Etter innføringen blir røret tilført trykk og varme som gjør at røret foldes ut mot eksisterende rørvegg.



Figur 76 Eksempel på installasjon av Tett-tilsluttet rør som er sammenfoldet på fabrikk (31).

- Slange fra fabrikk. Utforing med en armert slange som enten blir formet til et permanent rør etter inntrekning eller som trykkes ut mot rørveggen når vann transporteres under trykk. Det kan leveres slanger uten heft mot eksisterende rørvegg, eller slangen kan utvendig være påført bindemiddel for klebing mot rørveggen. Krever spesialdeler for kobling av slangen til flensedel og spesiell anboringsarmatur.
- Dimensjonsreduksjon på anleggsstedet: PE-røret sveises sammen på anleggsstedet, og rett før innføring føres PE-røret gjennom en tverrsnittsreduksjon (mekanisk påvirkning). Det mekaniske påvirkede PE-røret føres inn i det gamle røret, tilføres trykk og varme, og utvider seg mot eksisterende rørvegg.

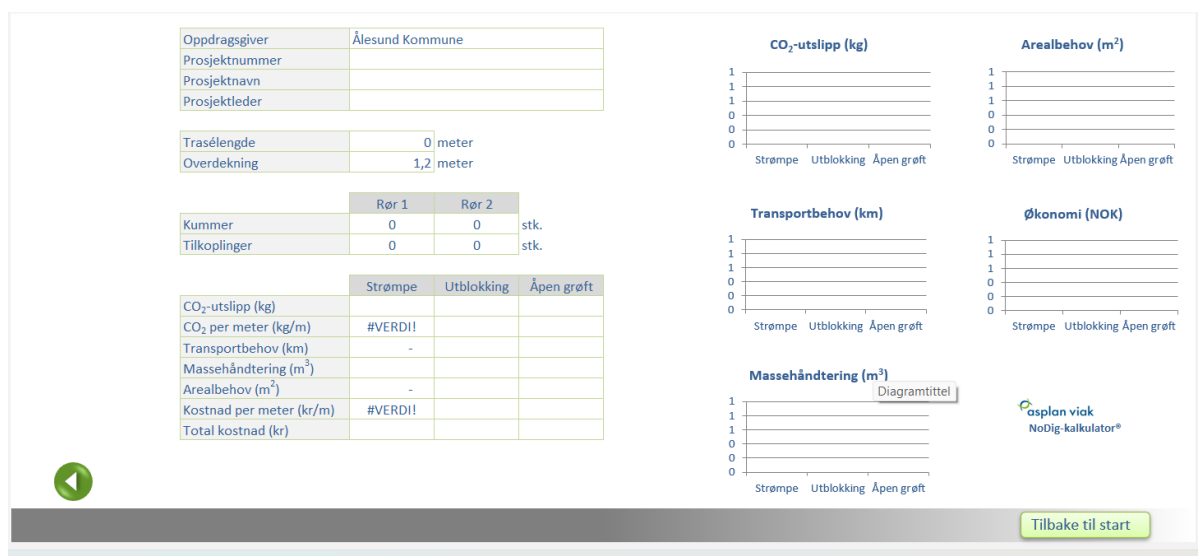
### 2.9.7 Belegg

Belegging er enten en ikke-strukturell eller en semi-strukturell metode, dette er avhengig av tykkelsen på belegget. Metoden er helt eller delvis avhengig av støtte fra det eksisterende røret for å kunne motstå opptredenene krefter i hele levetiden. Denne metoden går ut på å påsprøyte eksisterende rørvegg med et “to-komponent stoff” som er med på å herde rørveggen. Dette gjøres ved å trekke gjennom et roterende dysehode gjennom røret. Dette dysehodet er tilkoblet en slange fra en pumperigg. Pr. i dag beskytter belegget ledningen mot videre innvendig korrosjon, men tilfører i mindre grad ekstra styrke. Denne metoden MÅ godkjennes fra FHI for bruk i drikkevannsledninger og er ikke særlig utbredt i Norge. De stoffene som er mest brukt er epoxy som er belagt ca. 90 000 meter i Norge mens PU i 3mm tykkelse utgjør ca 45 000 meter. Hvor PU er den mer aktuelle metoden i dag siden dens betydelige lavere herdetid.

Metoden anses som å være en 100 prosent NoDig-metode hvor ledningsfornyelsen kan utføres fra kum til kum fullstendig uten graving (24).

### 2.9.8 NoDig-kalkulator

NoDig-kalkulatoren (Figur 8) vi tar for oss er laget av Asplan Viak i samarbeid med CO<sub>2</sub> Focus. Dette er et verktøy som brukes til å estimere anleggskostnader, materialbehov, miljøpåvirkninger og sammenligner disse mot ulike metoder av NoDig og konvensjonell graving. I kalkulatoren legges inn opplysninger om den eksisterende traseens lengde, fordelt på ulike typer overflater og trafikkforhold, samt avstander for transport av masser, og hvordan massene planlegges håndtert. Deretter velges grøftesnitt med antall ledninger som er planlagt å skiftes ut eller fornyet. Rørmateriale, dimensjoner, antall kummer og tilkoblinger må angis. Til slutt i kalkulatoren får man opp resultater av dataen som er lagt inn og dette er resultater av beregninger på: CO<sub>2</sub>-utslipp (kg), transportbehov (km), massehåndtering (m<sup>3</sup>), arealbehov (m<sup>2</sup>) og kostnadsoverslag (kr/m) i form av tallverdier og søylediagrammer. Dette verktøyet hjelper ingeniører og entreprenører med å skaffe en pekepinne mot hva som er riktig valg av metode for den gravefrie installasjonen. Grunnlaget for miljøberegningene i NoDig-kalkulatoren er hentet fra opplysninger gitt av aktuelle entreprenører i bransjen (24).



Figur 87 Sluttsiden av NoDig kalkulatoren (32).

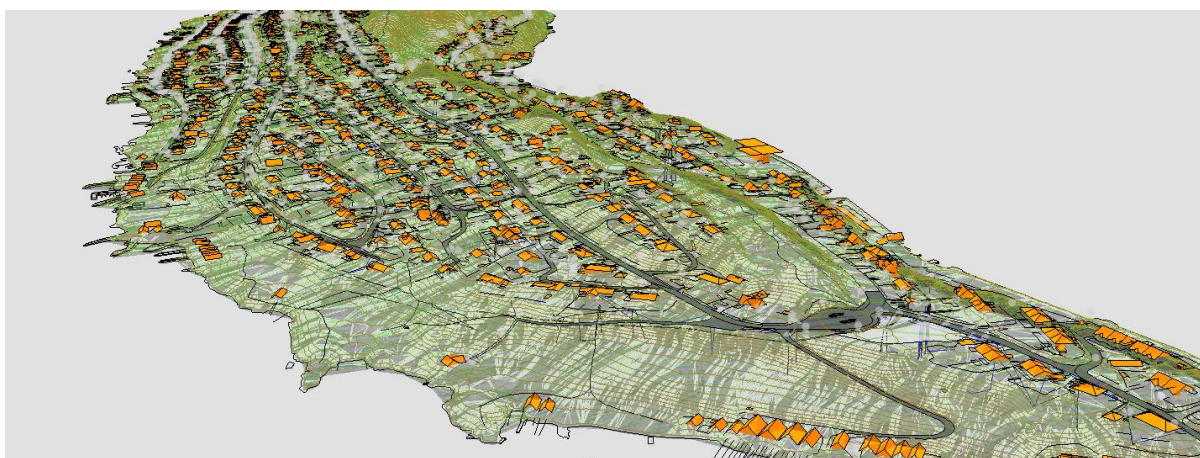


## 3. Metode

### 3.1 Prosjektering for konvensjonell graving

Det vi har gjort ved valg av konvensjonell graving som metode, er å benytte verktøy som Novapoint og AutoCAD for å utføre masseberegninger for kummer, ledninger, utgravingslag og volum. Det er mulig å beregne eventuell tidsbruk og pris for prosjektet ut ifra disse tallene, men under samarbeide med Ålesund kommune så har vi svaret på mye av dette allerede. Vi blir heller å bruke Novapoint og AutoCAD mer som en alternativ modell, får å kunne se hvordan det har blitt om en skulle ha valgt denne metoden.

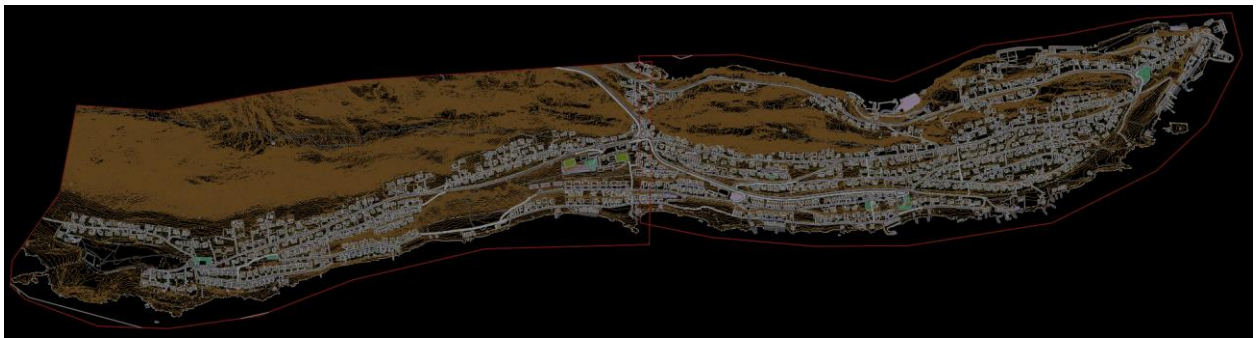
Det første vi gjorde var å laste opp flere filer med data inn i Novapoint, dette er data som gir informasjon om området, som inkluderer eksisterende ledningsnett, høydedata, kartografiske data, bygninger og vegetasjon. Disse opplastningene vill fungere som ett grunnlag for prosjekteringen. Dette er beregninger en kan dra ut å gjøre selv, eller noe en kan få av kommunen om det skulle være kommunalt området. Vi fikk disse filene fra Ålesund kommune, fordi vil prosjektet bli utført på kommunalt området. I Novapoint blir det generert grunnlagsdata og en terrengmodell for det området det skal prosjekteres for (Figur 9).



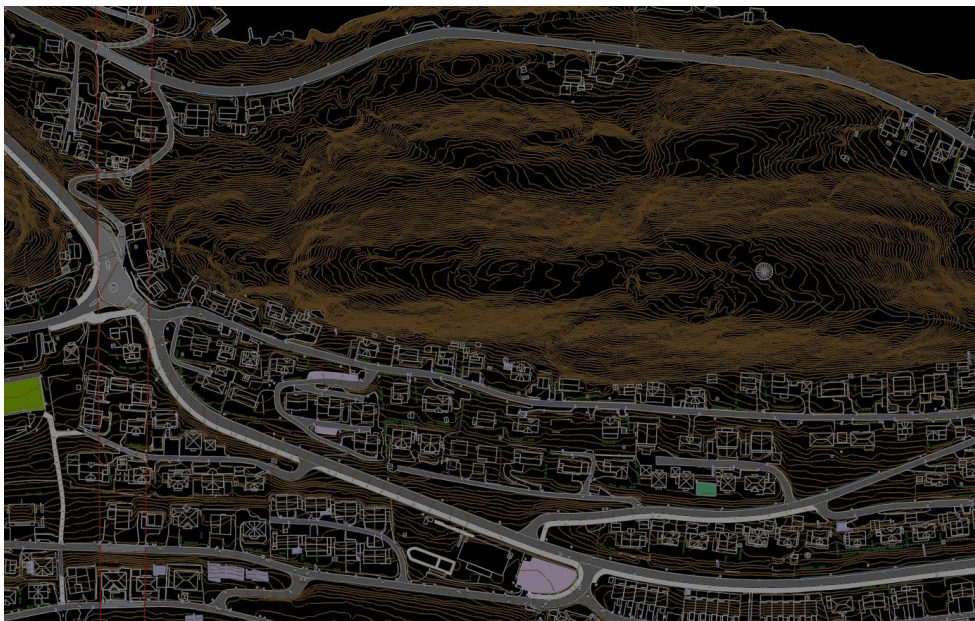
Figur 9 8 Bilde fra novapoint hvor en kan se deler av østsiden.

Grunnet størrelsen og innholdet fra dataen, så var det gunstig å dele opp området. Dette ble til «vestsiden» og «østsiden». I denne fasen ble det nødvendig å utføre litt redigering av dataene, da enkelte objekter kunne være uklare eller upresise. Dette har oppstått som et resultat på grunn av oppdelingen som gjør at objekter blir delvis skjult eller overlappende. Siden «jobben» befinner seg under bakken, så kan vi hovedsakelig fokusere på infrastrukturen under bakkenivå. Derfor blir en del overflateobjekter fjernet for å bedre oversikten og forenkle prosjektarbeidet.

I forbindelse med planleggingen av infrastrukturprosjekter, er det viktig å kunne fastslå avstanden fra terrengoverflaten til fjellet. Dette er det flere grunner for, slikt som planlegging av gravearbeid, fundamentstabilitet, drift, vedlikehold og kostnadsberegninger. For å oppnå denne informasjonen har vi benyttet verktøyet Granada (33). Det dette verktøyet gjør er å gi tilgang til en rekke forskjellige innmålte punkter som viser den vertikale avstanden fra terrengoverflate til fjellet i ulike områder. De innmålte punktene for området på Hessa hadde en del variasjoner. Det burde derfor ha blitt vurdert om å utføre en mer grundig grunnundersøkelse for å skaffe mer informasjon om det geologiske forholdet og andre faktorer som kan påvirke prosjektets gjennomførbarhet og kostnader. Siden det ikke vil bli utført noe grundigere grunnundersøkelse for området, så har vi med hjelp av Ålesund kommune kommet fram til ett grunnforhold på 2 meter med løsmasser, som skal være riktig.



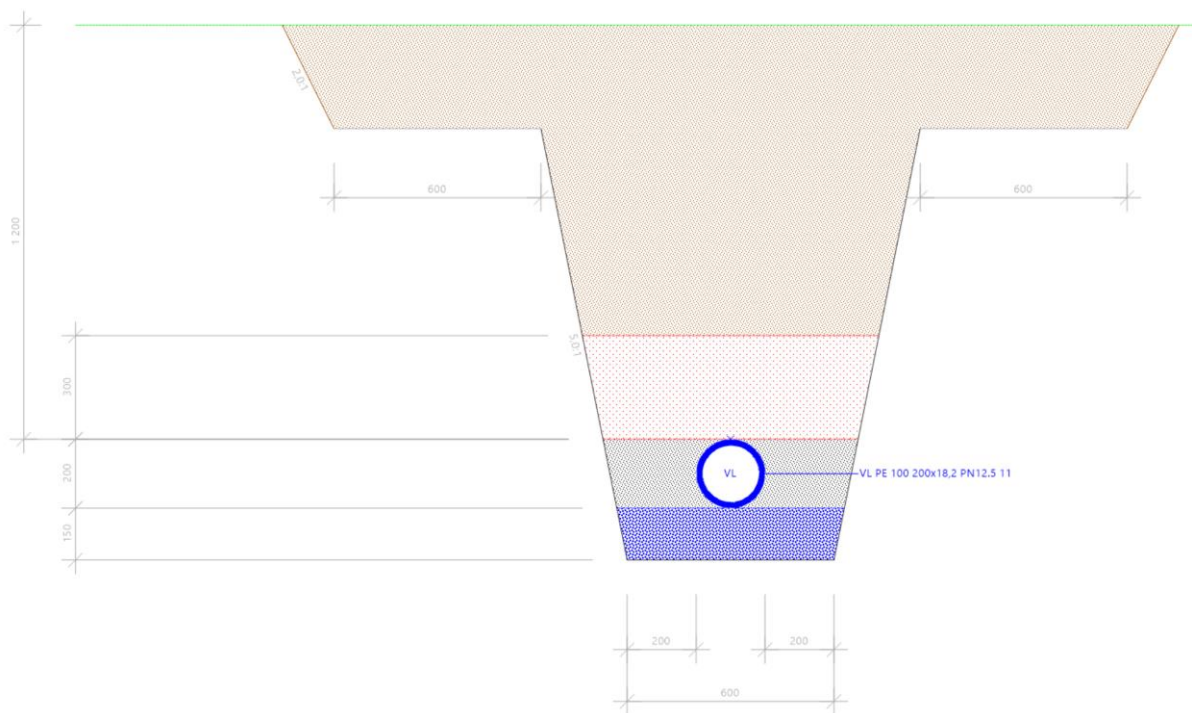
Figur 10 Slik ser kartgrunnlaget ut når det har blitt overført til AutoCAD.



Figur 11 Dette er figur 10 zoomet inn, for en bedre oversikt. Her kan en også se overlappen av "øst" og "vest"-side som da er de røde strekene til venstre.



Kartgrunnlaget blir overført til AutoCAD (figur 10 og figur 11), og det er der selve prosjekteringen blir utført. I AutoCAD så kan en se eksisterende-ledningsnett, men også designe nytt. Når ett nytt ledningsnett skal designes så må en først konfigurere ett nytt grøftetverrsnittet med den nye vannledningen, gjennom en funksjon inne på AutoCAD, det er denne som blir brukt når vi legger det nye ledningsnett. På figur 12 og 13 kan en se grøftetverrsnittet som samsvarer med kravene i VA-normen for Ålesund (34).



Figur 1211 Slik blir grøftetverrsnittet med vannledningen.

ID	Ledning	Materiale	Form	Dim (mm)	Klasse	SDR	Veggykkelse	Hor. ref.	Hor. avst.	Vert. ref.	Vert. avst.
1	Vannledning	Polyetylen 100	Sirkulær	200	PN12.5	11,00	18,2	-	0	-	0

Kobling Start/Slutt	Kobling	Materiale	Form Kumbunn	Dim (mm)	Form Overgang	Dim (mm)	Høyde	Justeringsenhet høyde	Lokkform	Type
Vannledning	Vannkum	Betong	Sirkulær	1600x90	Sirkulær	650	1000	100	Sirkulær	SIK 30

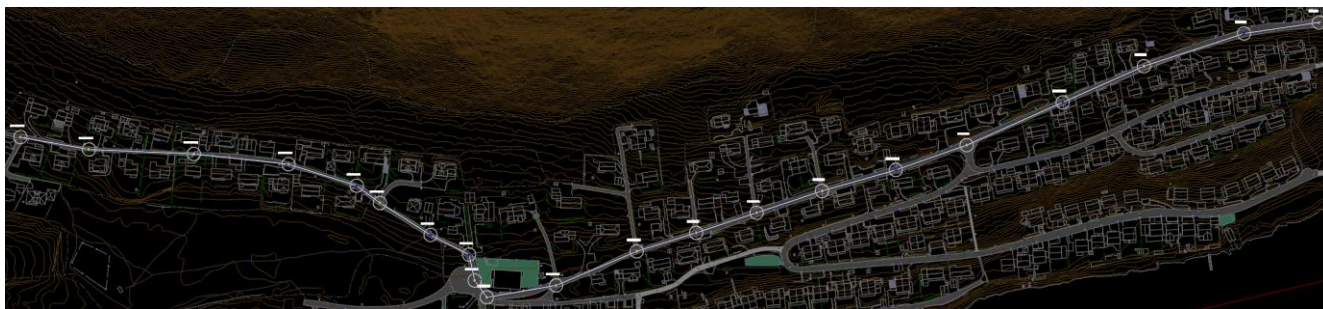
  

Kobling knekkpunkt	Kobling	Materiale	Form Kumbunn	Dim (mm)	Form Overgang	Dim (mm)	Høyde	Justeringsenhet høyde	Lokkform	Type
Vannledning	Bend	-	Ingen	-	Ingen	-	-	-	Ingen	-

Figur 1312 Dette er menyen hvor en kan justere størrelse, type, klasse og andre faktorer.

Siden materialet på de eksisterendeledningene er av asbest så har ikke den tidligere dimensjoneringen noe betydning, de vil bli byttet ut til et PE-rør med en diameter på 200mm

uansett. Diameteren på den nye ledningen har vi fått ifra Ålesund kommune, den må være 200mm på grunn av det fremtidige høydebassenget som kommer. Resterende informasjon slik som trykkklasse og SDR-verdi har vi hentet fra VA-normen under «lokal bestemmelse» for Ålesund kommune (19). Under på figur 14 så kan en se hvordan det nye nye vannrøret er designet og lagt i ny trase i AutoCAD.



Figur 1413 Slik blir det nye ledningsnettet seende ut for vestsiden.



Figur 1514 Dette er figur 14 zoomet inn, får en bedre oversikt.

Når det nye ledningsnettet er lagt, så vil AutoCAD gi beregninger på antall kummer og ledninger, ledningslengder, utgravingslag og volum. Disse beregningene har ikke så mye betydning for oss, siden vi forholder oss til beregningene fra NoDig-kalkulatoren til Asplan Viak når det komme til miljøanalysen, og med erfaringer ifra ett lignede prosjekt som Ålesund kommune har utført tidligere, så har de gitt oss ett prisestimat for konvensjonell graving per/m. Dette er noe vi vil regne oss fram til i resultatet.

### 3.2 Valg av NoDig-metode

Ved valg av NoDig-metode så var fremgangsmåten å utelukke og se på fordeler og ulemper ved ulike metoder ut ifra prosjektssituasjonens spesifikasjoner og behov. Hvor vi utelukker disse metodene i denne oppgaven:

- Rørtrykking og boring

Rørtrykking og boring anses ikke å være aktuelle metoder grunnet til at hovedprinsippene bak rørtrykking og boring er å legge et nytt medierør i urørt terreng. Noe som går imot problemstilling som er å utskifte/rehabiliterer den eksisterende asbestledningen.

- Belegg

Belegg anses som en metode for å forlenge levetiden til ledningen. Siden asbestledningene ble lagt på 70-tallet og dens levetid er snart over, så har det trolig oppstått sprekker og lekkasje på ledningene som gjør at belegg ikke kan brukes. Belegg som NoDig-metode er svært avhengig av eksisterende ledningsnett sin tilstand.

Metodene som blir ansett som mer aktuelle tas for fordeler og ulemper for å kunne skille ut den best egnede metoden for prosjektoppgaven:

- Rørrinnføring strøperenovering og tett-tilsluttet rør

Disse metodene blir ikke aktuelle på vestsiden grunnet at ledningsnett på prosjektområdet ønskes å oppdimensjoneres. Hvor disse metodene vil minimalt neddimensjonere dimensjonene på ledningen ut ifra eksisterende ledning. Som gjør at på østsiden av prosjektområdet som har allerede ønsket dimensjon på ledningsnett, kan dette være en mulig løsning, men at det kan ligge litt i grenseland i henhold til dimensjonskravet ved implementering av nytt høydebasseng. Som gjør at grundige beregninger og inspeksjoner er nødvendig for å vurdere disse metodene.

- Rørrinnføring

Rørrinnføring er en veldig mye brukt og godt anvendt metode. Metoden er raskere og krever mindre graving enn konvensjonelle gravemetoder. Metoden bruker det eksisterende røret som forskaling, noe som kan være en fordel eller ulempe ut ifra det eksisterende rørets tilstand. Ulemper med rørrinnføring er at det ofte kan oppstå riper under installasjon som gjør at PP-kappe kan være nødvendig. Noe som burde nevnes er at det må graves opp for tilkobling til stikkledninger.

- Strømperenovering

Ved strømperenovering anses kun strukturell strømperenovering som en anstendig metode, grunnet at asbestledningen ikke vil gi tilstrekkelig heft til ledningen ved semi-strukturelle og ikke-strukturelle metoder. Fordelen med strømperenovering er at man kan unngå graving nesten inntil 100% dette gjelder både under installasjon og gjenåpninger av grenrør og anboringer. Ulemper ved strømperenovering er at det krever god tilstand på det eksisterende røret. Og at ved denne metoden må dette kartlegges veldig godt.

- Tett-tilsluttet rør

Fordeler er at denne metoden kan brukes raskt og effektivt ved minimale trafikkforstyrrelser. Metoden fungerer også uavhengig av tilstanden på eksisterende rør. Selv om tverrsnittet i det nye røret blir mindre enn det eksisterende så vil gjennomstrømningsevnen ville holde seg ganske likt om ikke bedre. Ulemper ved tett-tilsluttete rør er at metoden kun leverer SDR-kvalitet 13.6 ved PE 100 RC eller høyere SDR-verdier. En kan heller ikke øke diameter dimensjonen på rørledningen og det må graves opp ved anboringer.

- Utblokking

Fordeler ved utblokking er at det tillater fullstendig eller delvis fjerning av det eksisterende røret og installasjon av nytt rør. Hvor delvis fjerning vil si at deler av den knuste asbestledningen kan ligge igjen i traséen. Du kan oppdimensjonere dimensjonene fra det eksisterende ledningsnett, som da vil øke strømningskapasiteten. Metoden er ikke avhengig av tilstanden til det eksisterende ledningsnett. Metoden er ganske vanlig godt kjent til av entreprenører som leverer NoDig løsninger.

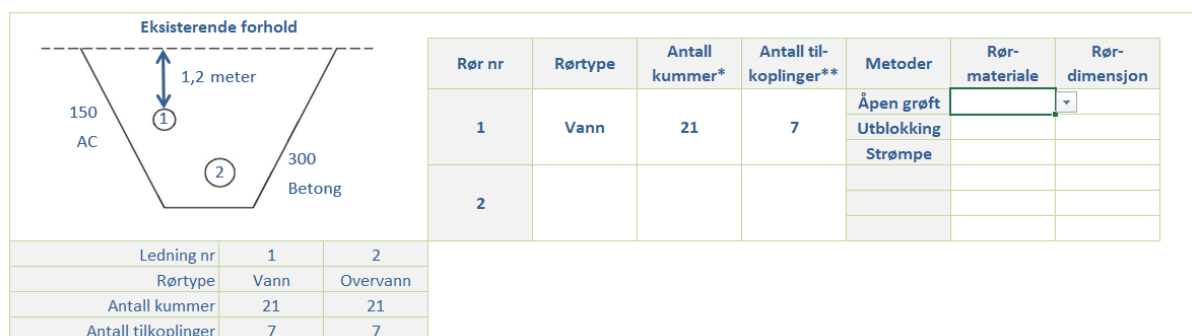
Ulemper ved utblokking er at det krever mer graving for å få tilgang til fornying av det eksisterende ledningsnett. Det brukes også ofte mer tid enn de 3 andre aktuelle metodene. Denne gravingen kan forstyrre lokalmiljøet og trafikkflyten, og det er nødvendig med arbeidsgrøper for alle stikkledningstilkoblinger (26).

Utblokking vil være den mest aktuelle NoDig-metoden grunnet at på vestsiden kreves det oppdimensjonering av rør fra 150mm dimensjon til 200mm, grunnet Ålesund kommune sitt ønske om høydebasseng og krav om brannvann som utblokking er best egnet for. Det vil bli tatt lite inngrep i området rundt anleggsområdet, men sammenlignet med tett-tilsluttet rør som vil ha mer inngrep. Det er også en av de få NoDig-metodene som er mest aktuell ved

bearbeiding av asbest. Grunnet at når asbestrør «crackes», så blir asbesten liggende igjen i jorden. Så lengde det kan bli liggende uforstyrret under bakken, som minimerer risikoen for å frigjøre asbestfibre i miljøet (24). Utblokking er også en av de mest utbredte NoDig-metodene som gjør at det er mye forskning og data rundt metoden. Dette gjør at den er godt tilrettelagt ved leverandører og dataprogram som for eksempel NoDig-kalkulatoren.

### 3.2.1 Metode - NoDig-kalkulatoren

Ved bruk av NoDig-kalkulatoren hentet vi data fra eksisterende ledningstilstand fra filer levert av Ålesund kommune. Deretter velges ønsket dimensjon på ledninger ut ifra hvilken type demografisk område det er, fremtidige hendelser som f.eks. implementering av høydebasseng og brannvanntilgang. Ålesund kommune har som ønske at det velges en ledningsdimensjon på 200mm. Rørtyper blir bestemt ut ifra VA-normen til Ålesund kommune som tilsier at PE rør er et aktuelt rør for vannledningen og PVC-rør er aktuelt for overvannsledningen (35). Så legges denne dataen inn i kalkulatoren som vist på figur 16.



Figur 1615 Eksempel av bruk av NoDig Kalkulator (32).

Kalkulatoren utgir informasjon om økonomisk kostnader, miljømessige påvirkninger, transportkostnader, arealforbruk og massehåndtering.

## 4. Resultat og diskusjon

Prosjektområdet er delt opp i 2 deler: Vestsiden og Østsiden. Dette er gjort grunnet ulike forhold når det gjelder eksisterende forhold på ledningsnett og området rundt. I denne bacheloroppgaven vil resultatet bestå av kostnadsanalyse for aktuell metode, samt en miljøanalyse. Det vil bli benyttet en NoDig-kalkulator som tilhører Asplan Viak, og etter å ha vært i kontakt med Asplan Viak så vet vi at miljøanalysen vi får fra kalkulatoren er riktig. Ut ifra en prisantydning fra Ålesund kommune, så tyder det på at totalberegningene fra NoDig-kalkulatoren sine kostnader for graving ikke stemmer. Derfor vil det bli utført en

kostnadsanalyse som sammenligner estimater fra både Ålesund kommune og Asplan Viak. Men siden Ålesund kommune har hatt ett lignende prosjekt i samme området nå nylig, så vet vi at prisen de har anslått for konvensjonell graving er riktig.

Selv om hovedfokuset i prosjektet er utskifting og sanering av vannledninger, så er det fornuftig å også vurderer behovet for fornyelse av kummene i prosjektområdet. Disse er ikke laget av asbest, slik som vannledningene. Men kummene har ofte en tilsvarende standard som ledningene de er forbundet med. Derfor bør det vurderes om reovering eller utskifting av kummene er nødvendig, uavhengig av valgt metode for prosjektet. Konvensjonell graving vil gi enklere tilgang til fullstendig utskifting av kummene, mens enkelte NoDig-metoder kan potensielt benyttes til å oppdimensjonere kummer, om tilstanden og funksjonaliteten tillater dette. Graving vill uansett være en del av prosessen, men mengden graving kan reduseres betydelig. Selv om dette innebærer en større kostnad, så er ikke handlingen uten grunn. Det er derfor det vil være gunstig å undersøke nødvendigheten av dette, for å sikre best mulig helhet av det nye ledningsnett.

#### 4.1 Konvensjonell graving

Bruken av konvensjonell graving tilbyr visse fordeler, blant annet effektiv fjerning av asbest fra området. Dette vil redusere risikoen for asbesteksponering i senere tid (1). Videre gir denne metoden en mulighet for utskifting og installasjon av nye overvanns- og spillvannsledninger. Gitt at de eksisterende vannledningene nærmer seg slutten av sin forventende levetid, ville det være fornuftig å erstatte både overvanns- og spillvannsledningene samtidig. Dette vil forebygge nødvendigheten for et inngrep i samme prosjektområdet på nytt i senere tid, noe som kan spare kostnader.

Løsmasser som dekker eksisterende ledningsnett vil bli utbyttet og oppgradert om denne metoden velges, noe som videre betyr at stabiliteten vil øke, dreneringen forbedres og fremtidige vedlikeholds kostnader minimeres. Dette kommer av at standarden og kravene for gjenfyllingsmasser har blitt høyere siden 1970- og 1980-tallet (36). Videre vil utskiftingen av løsmasser danne ett behov for transport. De eksisterende og ubrukelige delene av løsmassene må transporteres til deponi, mens nye løsmasser må fraktes til prosjektområdet. Transportbehovet er inkludert i beregningene gjort av NoDig-kalkulatoren utviklet av Asplan Viak, og resultatene fra kalkulatoren viser at de økonomiske og miljømessige konsekvensene av transportbehovet er betydelige.



Prosjektets tidsramme ved bruken av konvensjonell graving er noe som kan variere. Ålesund kommune sier at det kan utføres 6-12 meter graving hver dag, dette avhenger av hva prosjektet innebærer og terrenget prosjektet skal utføres i. Siden hovedfokus er rettet mot utskiftning av asbestledninger, og at terrenget på Hessa er tilsynelatende lett å arbeide i. Så estimerer vi at det kan graves rundt 9 meter om dagen, som tilsvarer 45 meter i arbeidsuka. Asbestledningene strekker seg over en lengde på ca. 4000 meter og om entreprenør utarbeider 45 meter i uka så vil prosjektets tidsramme bli 89-90 uker.

## 4.2 NoDig

Ved sammenligning av ulike NoDig metoder tidligere i oppgaven kom vi frem til at utblokking er den mest aktuelle NoDig-metoden for denne situasjonen. Dette er grunnet dens evne til å oppdimensjonere, som er spesielt aktuelt på vestsiden av prosjektområdet som trenger oppdimensjonering fra 150mm til 200mm. Dette er den eneste av NoDig-metodene som har blitt sett på som aktuell, og som har muligheten til å legge rør med SDR-verdi på 11. Ålesund kommune sin VA-norm krever at PE-rør skal ha SDR-verdi på 11 eller mindre (35). Ved utblokking kan også asbestledningene knuses, og restene av asbestledningen kan ligge igjen. Dette kan være en ulempe grunnet at når røret som blir lagt nå når dens levetid og blir skiftet ut, så kan det potensielt være et problem for den fremtidige generasjonen grunnet asbestfibrene. Utblokking er generelt en dyrere og en mer miljøpåvirkende metode enn rørrinnføring og strømprenovering, men for håndtering av asbest vil det være mer gunstig.

Etter å ha kontaktet Asplan Viak om et mer nøyaktig prisestimat for utblokking, så ble vi videre sendt til Båsum Boring AS, de sa også at prisestimatet på NoDig-kalkulatoren har endret seg, men at det ikke hadde nødvendigvis blitt dyrere, men heller billigere. De kunne anslå at leie av rig i en uke, for et prosjektområde som er rundt 1 time unna med transport ble kostende 35 000kr, utblokking per/m er 400kr også vil materiell kostnader kommer over dette igjen. Dette vil selvsagt variere ut ifra hva prosjekt er og terreng, men dette ble forklart. Med tanke på at asbestledningene strekker seg over en lengde på ca. 4000m og at ved hjelp av utblokking så får de dekket om lag en 300-350meter i arbeidsuken så vil prosjektet sin tidsramme bli på ca. 13-14 uker (37).

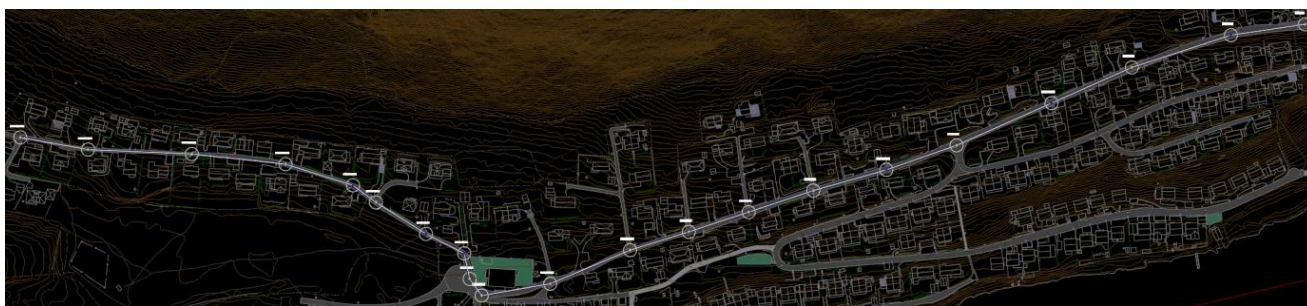
## 4.3 Vestsiden

Vi har estimert at det eksisterende ledningsnett for Vestsiden er 1263 meter langt og består av 15 kummer og 55 tilkoblinger med kun vannledning koblet til traséen. Hvor dimensjonen på vannledningen er 150mm og ønsket diameter på vannledningen er 200mm. Så om det

eksisterende ledningsnett skal fornyes uten bruk av konvensjonell graving så vil det kreves oppdimensjonering ved hjelp av utblokking samt oppdimensjonering eller utbygging av kummene.

#### 4.3.1 Konvensjonell graving for vestsiden

Ved bruk av åpen grøft, så kan en se det nye ledningsnett som har blitt designet i AutoCAD på figur 17. Her har det blitt lagt ett forstørret vannrør slikt som vist på grøftetverrsnittet i metode-delen. Som nevnt tidligere i 4.1, så hadde det nok ikke bare blitt lagt ett nytt vannrør om konvensjonell graving hadde blitt valgt som metode. Men en kan se hvordan det nye ledningsnett ville blitt i figur 14. Prisen for åpen grøft vil bli ifølge Ålesund kommune sin pris ca.  $20\,000\text{kr/m} \cdot 1263\text{ meter trasélengde} = 25\,260\,000\text{kr}$ . Prisen NoDig-kalkulatoren har kommet fram til er:  $7\,291\,000\text{kr}$  (figur 18). Denne kan en se bort ifra.



Figur 1716 Nytt ledningsnett for vestsiden.

#### 4.3.2 NoDig-metode for vestsiden

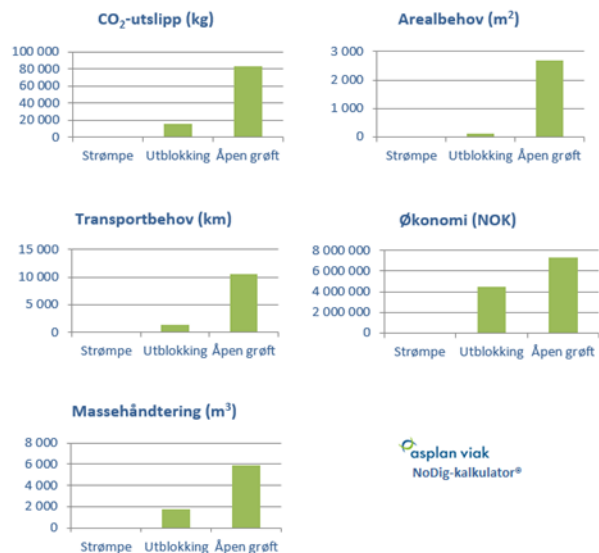
Dette hadde vært resultatet fra NoDig-kalkulatoren som vist på figur 18. Tallene for miljøanalysen tilsier at CO<sub>2</sub> reduksjon vil bli 80.6% ( $(1-15960/82560) \cdot 100 = 80.6\%$ ) mindre ved bruk av NoDig-metoden utblokking. Og at NoDig-prisen vil ha en total kostnad på  $4\,505\,000\text{kr}$ .



Oppdragsgiver	Ålesund Kommune
Prosjektnummer	
Prosjektnavn	
Prosjektleder	

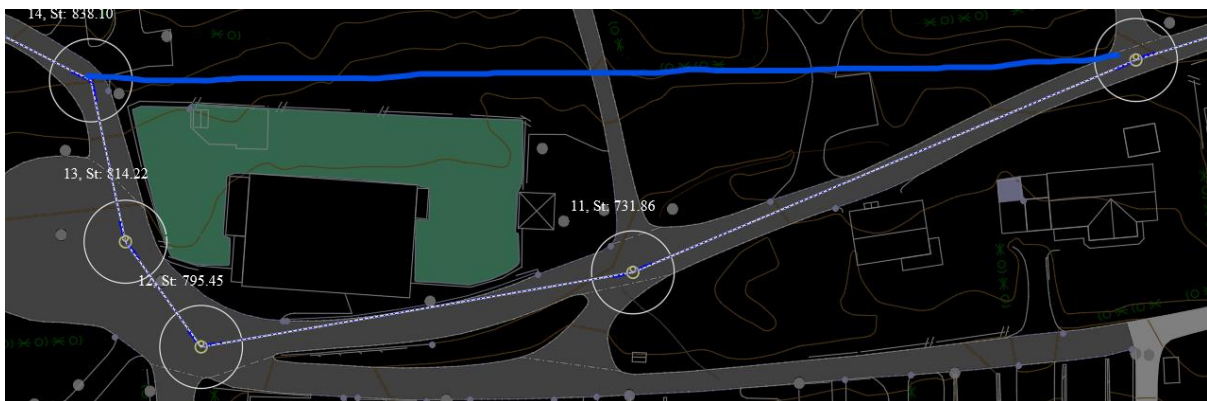
Trasélengde	1263 meter
Overdekning	1,2 meter
Kummer	15 stk.
Tilkoplinger	55 stk.

	Strømpe	Utblokkning	Åpen grøft
Rørtype		Vann	Vann
Rørmateriale		PE SDR11	PE SDR11
Rørdimensjon (mm)		200	200
CO <sub>2</sub> -utslipp (kg)		15 960	82 560
CO <sub>2</sub> per meter (kg/m)		13	65
Transportbehov (km)		1 273	10 552
Massehåndtering (m <sup>3</sup> )		1 720	5 870
Arealbehov (m <sup>2</sup> )		114	2 701
Kostnad per meter (kr/m)		3 600	5 800
Total kostnad (kr)		4 505 000	7 291 000



Figur 1817 NoDig-kalkulator hvor utblokkning og åpengrøft blir benyttet (32).

Grunnet at eksisterende ledningsnett/vannrør ikke går langs veien vil dette være en fordel for NoDig-løsningen i motsetning til konvensjonell graving. Dette gjør at hager og private eiendommer ikke blir påvirket så mye. Hvor NoDig-løsningen vil bli lagt fra kum til kum i den øvre blå ledningen vist på figur 19. Ved ønske om å ha overvanns- og spillvannsledning langs ved vannledningen så blir nok ikke dette en mulighet, grunnet graving i hager og private eiendommer. Da vil traseen bli lagt under barnehagen som vist ved nedre blå ledning vist på figur 19.



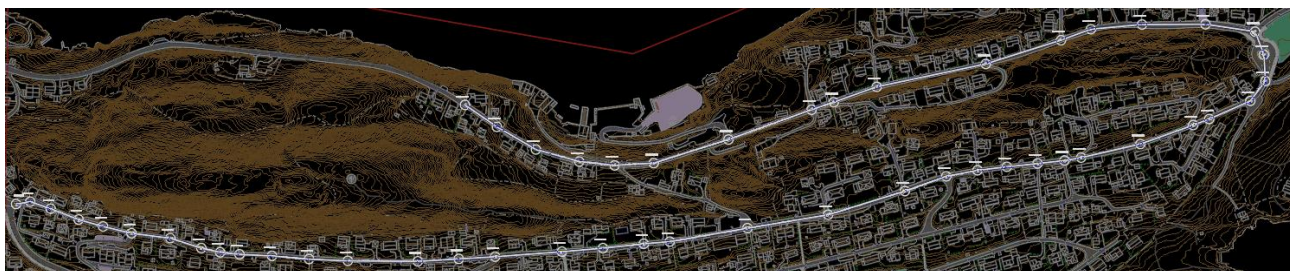
Figur 1918 Nytt ledningsnett, med eksisterende vannledning som går utenfor veibane.

#### 4.4 Østsiden

Vi har estimert at det eksisterende ledningsnett på Østsiden er 2791 meter langt og består av 23 kummer og 123 tilkoblinger med kun vannledning koblet til traséen. Hvor dimensjonen på vannledningen er 200mm, som også er ønsket dimensjon til Ålesund kommune i henhold til fremtidig ønske om høydebasseng.

#### 4.4.1 Konvensjonell graving for østsiden.

Om en skal beregne seg fram til total kostnad for åpen grøft for østsiden av prosjektområdet, med Ålesund kommune sin prisantydning så blir regnestykket: ca. 20000kr/m\*2791 meter trasélengde = 55 820 000kr. NoDig-kalkulatoren sin total kostnad for åpen grøft derimot ligger på ca. 15 000 000kr. Dette får en av å legge sammen verdiene figur 22 og 23 nedenfor. Det nye ledningsnettets ville bli seende slikt ut (figur 20).



Figur 2019 Nytt ledningsnett for østsiden.

#### 4.4.2 NoDig-metode for østsiden

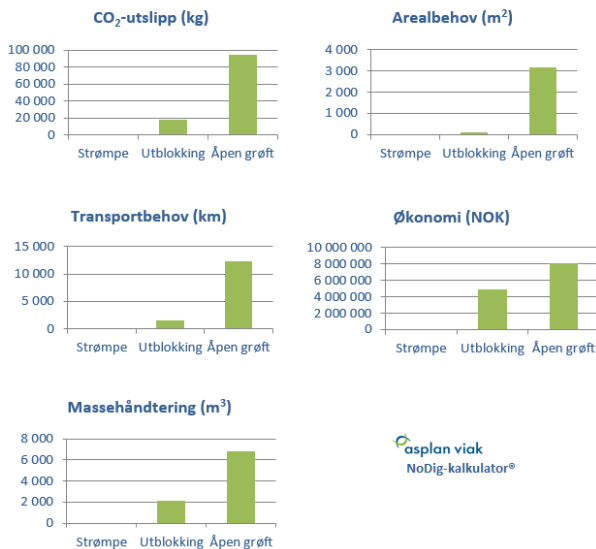
Trasélengden på østsiden er 2791 meter som skaper ulemper for NoDig-kalkulatoren som har maksimal kapasitet på 1500 meter. Dette gjør at vi deler opp østsiden i 2 deler under utregningen av data. Første delen strekker 1473 meter og refereres som del 1. Ved del 1 estimeres det at det er 13 kummer med 71 tilkoblinger. Andre del strekker 1318 meter og refereres som del 2. Ved del 2, så estimeres det at det er 10 kummer med 52 tilkoblinger.

Ved del 1 av Østsiden blir CO<sub>2</sub> utslippet redusert med 81% og antall masse som må håndteres blir redusert med 70%.

Oppdragsgiver	Ålesund Kommune
Prosjektnummer	
Prosjektnavn	
Prosjektleder	

Trasélengde	1473	meter
Overdekning	1,2	meter
Kummer	13	stk.
Tilkoplinger	71	stk.

	Strømpe	Utblokking	Åpen grøft
Rørttype		Vann	Vann
Rørmateriale		PE SDR11	PE SDR11
Rørdimensjon (mm)		200	200
CO <sub>2</sub> -utslipp (kg)		18 000	94 620
CO <sub>2</sub> per meter (kg/m)		12	64
Transportbehov (km)		1 517	12 306
Massehåndtering (m <sup>3</sup> )		2 100	6 840
Arealbehov (m <sup>2</sup> )		114	3 150
Kostnad per meter (kr/m)		3 400	5 500
Total kostnad (kr)		4 865 000	8 090 000



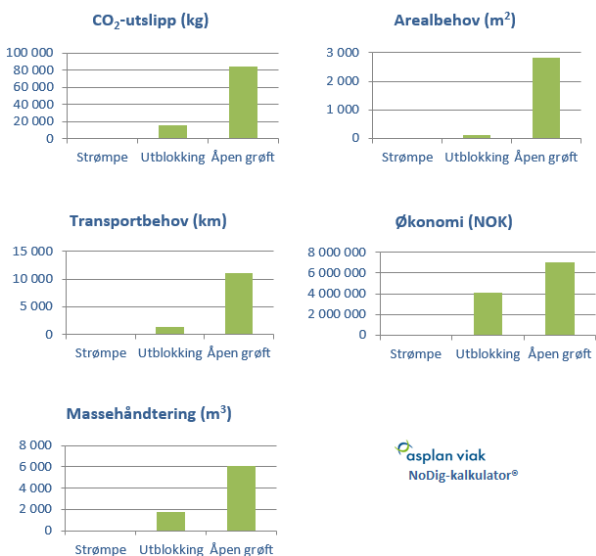
Figur 2120 Utblokking mot graving på Østsiden del 1 (32).

Ved del 2 av Østsiden bli CO<sub>2</sub> utslippet redusert med 81.5% og antall masse som må håndteres blir redusert med 62%.

Oppdragsgiver	Ålesund Kommune
Prosjektnummer	
Prosjektnavn	
Prosjektleder	

Trasélengde	1318	meter
Overdekning	1,2	meter
Kummer	10	stk.
Tilkoplinger	55	stk.

	Strømpe	Utblokking	Åpen grøft
Rørttype		Vann	Vann
Rørmateriale		PE SDR11	PE SDR11
Rørdimensjon (mm)		200	200
CO <sub>2</sub> -utslipp (kg)		15 730	84 660
CO <sub>2</sub> per meter (kg/m)		12	64
Transportbehov (km)		1 262	11 011
Massehåndtering (m <sup>3</sup> )		1 710	6 120
Arealbehov (m <sup>2</sup> )		109	2 819
Kostnad per meter (kr/m)		3 200	5 400
Total kostnad (kr)		4 097 000	6 998 000



Figur 2221 Utblokking mot graving på Østsiden del 2 (32).

## 5. Konklusjon

Oppgaven planlegger utskiftning/sanering av asbestledninger for området Hessa/Slinningen i Ålesund kommune ved hjelp av modellering, sammenligning av ulike metoder for utskiftning og kalkulatorer. Løsninger er valgt med hensyn på miljø, kostnad og tidsbruk. Konvensjonell gravings metode er modellert ved hjelp av Autocad og Novapoint. NoDig metoder blir vurdert ved sammenligninger og bruk av NoDig- kalkulatoren laget av Asplan Viak.

Prosjektområdet ble delt opp i 2 områder: Østsiden og vestsiden:

- På vestsiden har vi kommet frem til at enten NoDig-metoden «Utblokking» eller «Konvensjonell graving» er de eneste metodene som er aktuelle. Hvor «Utblokking» vil koste om lag 4.5 millioner kroner, bruke cirka 4-5 uker og ha et CO<sub>2</sub>-utslipp på 15960kg CO<sub>2</sub>. Og konvensjonell graving vil koste 25.2 millioner kroner, bruke cirka 28 uker og ha et CO<sub>2</sub>-utslipp på 82 500kg CO<sub>2</sub>.
- På østsiden har vi kommet fram til at «Utblokking» og «Konvensjonell graving» er aktuelle metoder. Hvor «Utblokking» vil koste om lag 8,96 millioner kroner, bruke cirka 9-10 uker og ha et CO<sub>2</sub>-utslipp på 33730kg CO<sub>2</sub>. Og konvensjonell graving vil koste om lag 55.8 millioner kroner, bruke cirka 62 uker og ha et CO<sub>2</sub>-utslipp på 179280kg CO<sub>2</sub>.

Basert på miljøanalysen, kostnader og tidsbruk så ser vi klart at NoDig-metoden fremstår som beste løsning. Men om en skulle erstatte større deler av ledningsnett, ikke bare asbestledningene som er prioritert i oppgaven, så ville konvensjonell graving være mer aktuelt. Resultatet vil nok bli noe lignende, der konvensjonell graving er dyrere og tar lengre tid enn NoDig-metoden. Men i denne situasjonen så ville det blitt et helt nytt ledningsnett hvor spillvann- og overvannledningene også hadde blitt byttet ut og deretter lagt i samme trase.

Det kan også tas i bruk andre NoDig-metoder som tett-tilsluttet rør, rørinnføring og strømprerenerovering om de hadde klart å levere SDR-verdi 11. Om annen informasjon kommer frem som tilsier at dette ikke vil bli et problem så kan disse 3 metodene vurderes imot utblokking på østsiden. På vestsiden er det krav om oppdimensjonering som gjør at utblokking og konvensjonell graving er eneste alternativ.

Ved å fokusere på bruk av nye metoder som utblokking for rehabilitering/utskiftning av ledningsnett vil det forminske forstyrrelser i trafikk og for lokalmiljø, redusere kostnader og minske miljøbelastninger. Dette vil være med på å fremme FNs bærekraftsmål 6 – Rent vann og gode sanitærforhold, 13 – Stoppe klimaendringene.

## 6. Referanser

1. Gunnarsjaa A, Nilstun C. sanere. I: Store norske leksikon [Internett]. 2023 [sitert 29. april 2024]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/sanere>
2. Kravspesifikasjon for vann- og avløpsrør av PE materiale : VA-Miljø [Internett]. [sitert 3. mai 2024]. Tilgjengelig på: <https://www.va-blad.no/kravspesifikasjon-for-ror-av-pe-materiale/>
3. Nesse N. manifold. I: Store norske leksikon [Internett]. 2023 [sitert 16. mai 2024]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/manifold>
4. an boring. I: Store norske leksikon [Internett]. 2023 [sitert 16. mai 2024]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/anboring>
5. Drikkevannsledninger av asbest [Internett]. Norsk Vann. 2021 [sitert 22. april 2024]. Tilgjengelig på: <https://norskvann.no/drikkevannsledninger-av-asbest/>
6. FN's bærekraftsmål [Internett]. [sitert 14. mai 2024]. Tilgjengelig på: <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal#HvaerFNsb%C3%A6rekraftsm%C3%A5l?-0>
7. Stenstedt L. WaterWorld. 2019 [sitert 26. april 2024]. The Asbestos Beneath Our Streets. Tilgjengelig på: <https://www.waterworld.com/drinking-water/distribution/article/16190948/the-asbestos-beneath-our-streets>
8. hovedplan\_vannforsyning\_og\_avloppshandtering\_alesund\_kommune\_2019\_2029.pdf [Internett]. [sitert 26. april 2024]. Tilgjengelig på: [https://alesund.kommune.no/\\_f/p1/i2832c4a5-8b2a-4387-8c40-9648fdaab64a/hovedplan\\_vannforsyning\\_og\\_avloppshandtering\\_alesund\\_kommune\\_2019\\_2029.pdf](https://alesund.kommune.no/_f/p1/i2832c4a5-8b2a-4387-8c40-9648fdaab64a/hovedplan_vannforsyning_og_avloppshandtering_alesund_kommune_2019_2029.pdf)
9. Rent vann og gode sanitærforhold [Internett]. [sitert 14. mai 2024]. Tilgjengelig på: <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/rent-vann-og-gode-sanitaerforhold#Hvagj%C3%B8rNorge?-1>
10. Stoppe klimaendringene [Internett]. [sitert 14. mai 2024]. Tilgjengelig på: <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene>
11. Asbest [Internett]. [sitert 14. mai 2024]. Tilgjengelig på: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/asbest/>
12. FHI\_vurdering\_av\_asbest\_i\_drikkevann.pdf [Internett]. [sitert 23. april 2024]. Tilgjengelig på: [https://norskvann.no/wp-content/uploads/FHI\\_vurdering\\_av\\_asbest\\_i\\_drikkevann.pdf](https://norskvann.no/wp-content/uploads/FHI_vurdering_av_asbest_i_drikkevann.pdf)
13. Drikkevannsledninger av asbest [Internett]. Norsk Vann. 2021 [sitert 23. april 2024]. Tilgjengelig på: <https://norskvann.no/drikkevannsledninger-av-asbest/>
14. Sanering av asbest [Internett]. [sitert 7. mai 2024]. Tilgjengelig på: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/asbest/sanering-av-asbest/>
15. Bestillerhandbok\_v2\_web-2018.pdf [Internett]. [sitert 14. mai 2024]. Tilgjengelig på: [https://olimb.no/wp-content/uploads/Bestillerhandbok\\_v2\\_web-2018.pdf](https://olimb.no/wp-content/uploads/Bestillerhandbok_v2_web-2018.pdf)
16. Irene. Derfor bør kummene fornyes sammen med resten av ledningsnett [Internett]. Olimb Rørfornyning. 2023 [sitert 2. mai 2024]. Tilgjengelig på: <https://olimb.no/magasin/derfor-bor-kummene-fornyes-sammen-med-resten-av-ledningsnett/>

- 17.Lov om vegar (veglova) - Kap. V. Byggverk m.m., avkjørsle, gjerde og grind. - Lovdata [Internett]. [sitert 25. april 2024]. Tilgjengelig på: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1963-06-21-23/KAPITTEL\\_7#KAPITTEL\\_7](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1963-06-21-23/KAPITTEL_7#KAPITTEL_7)
- 18.Lov om vegar (veglova) - Kap. VIII. Ymse føresegner. - Lovdata [Internett]. [sitert 25. april 2024]. Tilgjengelig på: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1963-06-21-23/KAPITTEL\\_10#KAPITTEL\\_10](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1963-06-21-23/KAPITTEL_10#KAPITTEL_10)
- 19.VA-norm Ålesund Kommune [Internett]. Tilgjengelig på: <https://va-norm.no/pdf/0/all/146/>
- 20.Graving: Må man søke? (Regler i 2024) [Internett]. [sitert 1. mars 2024]. Tilgjengelig på: <https://www.byggstart.no/artikler/graving-regler>
- 21.Graving og Grunnarbeid [Internett]. EF Drift. [sitert 3. mai 2024]. Tilgjengelig på: <https://efdrift.no/tjenester/graving-og-masseutskifting/>  
  
[Masteroppgave\\_omfyllingsmassa\\_Inga\\_Rise.pdf](https://anleggsmaskinen.no/wp-content/uploads/2021/02/Masteroppgave_omfyllingsmassa_Inga_Rise.pdf) [Internett]. [sitert 16. mai 2024]. Tilgjengelig på: [https://anleggsmaskinen.no/wp-content/uploads/2021/02/Masteroppgave\\_omfyllingsmassa\\_Inga\\_Rise.pdf](https://anleggsmaskinen.no/wp-content/uploads/2021/02/Masteroppgave_omfyllingsmassa_Inga_Rise.pdf)
- 24.Olimb AS. ABC for gravefri fremtid [Internett]. 2. utg. Tilgjengelig på: [https://olimb.no/wp-content/uploads/Bestillerhandbok\\_v2\\_web-2018.pdf](https://olimb.no/wp-content/uploads/Bestillerhandbok_v2_web-2018.pdf)
- 25.SSTT. Styrte boring i løsmasser [Internett]. 2015. Tilgjengelig på: <https://www.sstt.se/index.php?special=download&h=3feb5d8a5b589fa8dca48d1842729424&benonce=5359fb9939>
- 26.SSTT [Internett]. [sitert 30. april 2024]. SSTT Metodeoversikt. Tilgjengelig på: <https://www.sstt.se/sstt-metodeoversikt/>
- 27.Renovering med innføring av kontinuerlige rør: VA-Miljø [Internett]. [sitert 30. april 2024]. Tilgjengelig på: <https://www.va-blad.no/renovering-med-innforing-av-kontinuerlige-ror-2/>
- 28.Bestillerhandbok\_v2\_web-2018.pdf [Internett]. [sitert 9. april 2024]. Tilgjengelig på: [https://olimb.no/wp-content/uploads/Bestillerhandbok\\_v2\\_web-2018.pdf](https://olimb.no/wp-content/uploads/Bestillerhandbok_v2_web-2018.pdf)
- 29.Vann - Ledningsfornyelse og rehabilitering av vannledninger [Internett]. Olimb Rørfornyning. [sitert 30. april 2024]. Tilgjengelig på: <https://olimb.no/rorfornying/rorfornying-offentlig-va/vann/>
- 31.NoDig-metoder for hovedledninger – Metodeoversikt : VA-Miljø [Internett]. [sitert 30. april 2024]. Tilgjengelig på: <https://www.va-blad.no/nodig-metoder-for-hovedledninger-metodeoversikt/#toc2>
- 32.Geir Henning H. NoDig Kalulator [Internett]. Asplan Viak; Tilgjengelig på: <http://nodig.avinet.no/>
- 33.Granada [Internett]. [sitert 22. april 2024]. Tilgjengelig på: [https://geo.ngu.no/kart/granada\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/)
- 34.A2\_groftesnitt-1.pdf [Internett]. [sitert 8. mai 2024]. Tilgjengelig på: [https://va-norm.no/content/uploads/2020/10/A2\\_groftesnitt-1.pdf](https://va-norm.no/content/uploads/2020/10/A2_groftesnitt-1.pdf)
- 35.Ålesund kommune VA-Norm [Internett]. [sitert 23. april 2024]. Tilgjengelig på: <https://va-norm.no/pdf/0/all/146/>
- 36.Instruks for gravearbeider og etablering av anlegg i og ved kommunal vei, Hvaler kommune, Østfold - 7.1 Graving uten godkjent tillatelse og manglende arbeidsvarsling - Lovdata [Internett]. [sitert 30.

april 2024]. Tilgjengelig på: [https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2017-09-07-1375/KAPITTEL\\_7-1#KAPITTEL\\_7-1](https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2017-09-07-1375/KAPITTEL_7-1#KAPITTEL_7-1)

37.Båsum DE. Prisestimat for NoDig-metoden utblokking. [Internett]. 2024. Tilgjengelig på: <https://basum.no/>

