



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Afgangprojekt

Kortlægning af ledninger/kabler



SANDRA MØLLER WOLF-JÜRGENSEN
BYGGERI & ANLÆG, VEJE & TRAFIK
AALBORG UNIVERSITET
STUDIENR.: 20145412



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

**Det Teknisk-
Naturvidenskabelige Fakultet**
Byggeri og Anlæg
Thomas Manns Vej 23
9220 Aalborg Øst
www.tek-nat.aau.dk

Titel:

Kortlægning af ledninger/kabler

Projekttype:

Afgangsprojekt, diplomingeniør

Projektperiode:

1. november 2017 - 19. januar 2018

Studerende:

Sandra Møller Wolf-Jürgensen

Projektvejleder:

Lene Faber Ussing

Synopsis:

Dette projekt omhandler problematikken vedrørende det manglende kendskab til de eksisterende forhold i jorden, inden der bliver foretaget et gravearbejde. Det er specielt inden for den nedgravede infrastruktur, hvor der undersøges muligheden for at bestemme placeringen af ledninger og kabler. I dag bliver en del ledninger og kabler gravet over, hvilket er en økonomisk udgift for entreprenøren, men også generende for borgerne. Der skal foretages en graveansøgning i LER, men de oplysninger der sendes tilbage er ikke altid præcise, hvorfor fejl forekommer i gravearbejdet. Der er kommet en ny lovændring ift. LER i primo 2018, som skal rette op på dette, men om det kommer til at virke vides ikke endnu. Derfor undersøges alternative metoder. Dette kan være med brugen af nyere teknologi (Ground-Penetrating Radar), hvor resultaterne kan fremvises i 3D modellering via BIM eller VDC, hvor f.eks. programmerne Revit eller ReCap kan være behjælpelige. Teknologien har stadig sine begrænsninger i den danske jord, hvilket et forsøg i Aarhus viste, ved at den kun fandt 14 % af ledningerne. For at finde den bedste metode sammenholdes økonomien for skanningen i Aarhus med et anlægsprojekt i Bælum, hvor der er forekommet standsninger grundet manglende LER oplysninger. Det kan her konkluderes, at det er mest fordelagtigt at anvende skanningen, så længe vejen er over 231 meter lang, ellers skal LER og sund fornuft benyttes. Fremadrettet vil GPR måske udvikle sig og blive mere præcis og billigere, men der bør også ses på andre teknologiske løsninger.

Antal sider: 66 sider

CAD filer: 2

Tegninger: 2

Afsluttet: 19. januar 2018

Forord

Denne rapport er udarbejdet som et afgangsprøve for diplomingeniøruddannelsen inden for Byggeri & Anlæg med specialisering i Veje & Trafik på Aalborg Universitet. Projektet er forløbet over en periode på cirka 11 uger, der er startet d. 1. november 2017 og afsluttet d. 19. januar 2018.

Der skal rettes en stor tak til min vejleder Lene Faber Ussing for kyndig vejledning og hjælp til at holde fokus undervejs. Derudover skal der rettes en stor tak til mine kollegaer fra Per Aarsleff A/S for hjælp og opbakning under hele forløbet, og specielt en tak til Carsten Andersen, Mogens Steen Pedersen, Manuel Münchow, Jacob Hattesen Nielsen og Finn Jensen for hjælp til den tekniske del af dette projekt, for det udleveret materiale og for at have tålmodighed til at forklare mig det hele.

Læsevejledning

Der vil igennem rapporten fremtræde kildehenvisninger, og disse vil være samlet i en litteraturliste bagerst i rapporten. Der er i rapporten anvendt kildehenvisning efter Harvardmetoden, så i teksten refereres en kilde med [Efternavn, År]. Denne henvisning fører til litteraturlisten, hvor bøger er angivet med forfatter, titel, udgave og forlag, mens internetsider er angivet med forfatter, titel og dato. Figurer og tabeller er nummereret i henhold til kapitel, dvs. den første figur i kapitel 3 har nummer 3.1, den anden nummer 3.2 osv. Forklarende tekst til figurer og tabeller findes under de givne figurer og tabeller.

Der bliver undervejs henvist til nogle filer, som ikke er blevet uploadet sammen med rapporten, da de er fortrolige. Filerne er derfor udleveret til vejleder Lene Faber Ussing, og der er lavet en oversigt over dem efter indholdsfortegnelsen.

Sandra Møller Wolf-Jürgensen

Abstract

This paper deals with the problem of the lack of knowledge of the existing conditions in the soil before any excavation is done. This is especially within the buried infrastructure, which investigates the possibility of determining the location of 'missing' pipelines and cables. It is mandatory to make a digging application in The Danish Register of Underground Cable Owners (LER), but the information that is being send back to the applicant is not always accurate, which is why disruptions and errors occur in the digging work. There has been a change in the law in relation to LER, which will try to fix these errors, but will that be enough, it is not to know. Therefore, alternative ways can be looked at where the pipelines and cables can be 'found' without digging, where it is possible just to stand on the surface of the road. This can happen with the use of newer technology GPR (Ground-Penetrating Radar), where the results can be made in 3D modelling via BIM or VDC, where, for example, the programs Revit or ReCap can be helpful to calculate the big data load before showing it in BIM or VDC. However, the technology still has its limitations when it comes to the Danish soil, as an attempt by Per Aarsleff A/S showed in Aarhus. The results showed, that the technology only found 14 % of the pipelines and cables. This is not good enough. The company might as well take a chance with the normal procedure of the digging work. All technology is undergoing rapid development, so GPR might be working way better in just a couple of years. So to find the best method, the economy of a scan with GPR in Aarhus is compared to a construction project in a town in the northern part of Denmark called Baelum, where there have been issues doing the work due to missing LER information. It can be concluded that it is most advantageous to use the scan as long as the road is over 231 meters long, otherwise the companies might as well continue to base their digging work on LER. Looking ahead, GPR may develop and improve, but perhaps another approach should be taken, as to investigate other technologies that can handle the Danish soil conditions more accurate.

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1	Indledning	3
1.1	Problemformulering	4
Kapitel 2	Forundersøgelse	5
2.1	LER	5
2.2	Gæsteprincippet i vejen	9
2.3	Respektafstande	11
2.4	Søgning af 'forsvundne' ledninger og kabler	12
2.5	Analyse	15
Kapitel 3	Konkrete eksempler	19
3.1	Eksempel i Bælum	19
3.2	Eksempel på Ground-Penetrating Radar	23
3.3	Analyse	29
Kapitel 4	3D modellering	33
4.1	BIM og VDC	33
4.2	Programmer til 3D modellering	39
4.3	Data til 3D modellering	40
4.4	Tidshorizonten ifm. skanning og VDC	40
4.5	Analyse	42
Kapitel 5	Økonomi	45
5.1	Omkostninger ifm. standsning af arbejdet	45
5.2	Omkostninger ifm. forberedelse ved skanning og VDC	46
5.3	Analyse	47
Kapitel 6	Konklusion	51
Kapitel 7	Fremadrettet	53
Litteratur		55

Udleveret filer

Filerne på denne liste er ikke uploadet på grund af fortrolighed, derfor fremsendes de separat til vejleder Lene Faber Ussing. Filerne er blevet udleveret af Per Aarsleff A/S. CAD filerne er udarbejdet af Per Aarsleff A/S og tegningerne af COWI, hvorefter tegningerne er blevet sendt til Aarsleff som materiale til et kloaksepareringsprojekt i Bælum.

CAD fil 1	Jægergårdsgade, Aarhus	
CAD fil 2	Hørretvej, Mårslet	
Tegning 1	Oversigtsplan for Bælum	1:1.500
Tegning 2	Ledningsplan for Rolighedsvej	1:200

Ved et hvert anlægs- og byggeprojekt er det vigtigt at kende de eksisterende forhold for den nedgravede infrastruktur, således der ikke opstår konflikter, som kan lede til problemer af tidsmæssig og økonomisk betydning. Det vil ikke kun skabe problemer for bygherre, rådgiver og entreprenør, men det vil ligeledes berøre beboerne i området, hvor projektet bliver etableret. Det er nemlig beboerne og samfundet generelt, der oftest lider under de gener, som opstår under et gravearbejde.

Projekterne bliver kalkuleret ud fra en relativ stram og optimeret tidsplan, hvorfor projektet bliver dyrere, hvis tiden overskrides. Under en kalkulation bliver der taget højde for diverse risici, som ofte vil forlænge og fordyre tilbuddet. En del af disse risici består af, at den nedgravet infrastruktur ikke er optegnet præcist. Det er en hård branche med meget konkurrence og for at vinde projekterne, skal kalkulationerne være så præcise som muligt for at holde overskudsgraden. Derfor skaber det en del problemer i et anlægsprojekt, når der ikke kendes til den nedgravede infrastruktur og forudsætningerne for opgaven brydes. Derved opstår der konflikter mellem entreprenør og ledningsejerne, hvilket blot trækker arbejdsprocessen ud og dermed øger omkostningerne.

Der er i Danmark et system til registrering af den nedgravet infrastruktur kaldet LER, LedningsEjerRegistret, hvilket er et landsdækkende register, hvor det er muligt at søge oplysninger om de nedgravede ledninger og kabler i Danmark. Det burde derfor ikke være et problem at finde diverse ledninger og kabler, når der udføres et gravearbejde. Desværre ligger ledninger og kabler ikke altid der, hvor de er tegnet ind på tegningerne, og andre gange er de slet ikke registreret. Det er derfor vigtigt, at der er et tæt samarbejde mellem entreprenør og ledningsejerne, så disse problemer kan tages i opløbet. Det er desværre ikke altid, at ledningsejerne har styr på deres ledninger, hvorfor det hele kan ende op i et stort gætværk, hvilket ikke hjælper på effektiviteten af gravearbejdet eller produktionsraten. I dag bliver der sendt en del tegninger i forbindelse med en graveansøgning, hvor disse skal sammenlægges for at give et helhedsbillede. De kommer ofte i forskellig kvalitet, hvilket besværliggøre arbejdet yderligere. Der skal fremadrettet sendes tegninger som en enkelt fil i god kvalitet, gerne i 2D eller 3D. Disse kan muligvis anvendes direkte i maskinerne på byggepladsen, hvorved produktionsraten kan sættes op.

Der eksisterer eksempler på projekter, hvor ledningerne og kablerne ikke har ligget som vist på tegningerne. Et eksempel på dette er et separatkloakeringsprojekt i Bælum, hvor gravearbejdet blev forsinket med en uge på en almindelig vejstrækning på 159 meter, da der var flere krydsende ledninger end angivet på tegningerne. Dette øgede omkostningerne på projektet, som entreprenøren måtte betale.

Entreprenørvirksomhederne gør meget i at forbedre, planlægge og forudsige så mange problemstillinger før arbejdet påbegyndes, hvorfor kortlægning af ledninger og kabler vil være et godt hjælpemiddel. Det er muligt at lokalisere ledningerne med nogle teknologier, men for at kunne anvende disse teknologier, kræver det, at noget af ledningens placering kendes i forvejen - f.eks. en brønd. Det er desværre ikke altid, at dette kendes. Derfor skal der findes en metode, hvorpå ledningerne kan blive søgt oppe fra jordoverfladen, uden at der skal ske nogen form for gravearbejde. Her kan der anvendes Ground-Penetrating Radar, som kan trænge igennem jordlagene og registrere ledningerne og kablerne. Teknologien er blevet anvendt på to veje i Aarhus Kommune, hvor der i øjeblikket er ved at blive separat kloakeret. Jorden skannes ved, at der sendes radarpulser ned igennem jorden, hvorefter de bliver reflekteret tilbage, når der forekommer et objekt af anden struktur.

Ved denne form for skanning, kommer der en punktsky ud som resultat, som så kan anvendes i et 3D modelleringsprogram, hvorved der kommer en brugbar 3D model ud med koordinatpunkter. Modellen kan anvendes i forbindelse med planlægningen af gravearbejdet, da der skal bestemmes antal og størrelse af gravekasserne. Dette er vigtigt i forhold til planlægning af gravearbejdet, da det ikke er muligt at have alle størrelser af gravekasser liggende, og gravekasserne er vigtige at bruge i forhold til sætningsskader, specielt når projekterne er tæt på beboelse. Derudover kan modellen overføres til maskinerne, hvorved produktionsraten kan sættes op, og graveskader kan reduceres. Dette vil bidrage til en højere forsyningssikkerhed og bedre økonomi på projekterne.

Ved at have skanningsresultatet som en 3D model, bliver der yderligere sat fokus på digitaliseringsdelen af et anlægs- og byggeprojekt. Det kan medføre et mere optimeret samarbejde imellem de forskellige faggrupper - bygherre, arkitekter, rådgivere, entreprenører og håndværkere, hvis alle deler informationer og tegningsmodeller med hinanden. Dette skal alt sammen gøres digitalt, hvorved de forskellige grupper arbejder på samme model i et digitalt forum, således alle altid har den nyeste model. Derved gøres hele anlægs- og byggeprocessen nemmere og mere overskuelig for alle parter.

Økonomisk vil der forekomme en omkostning i forhold til at foretage en skanning, da der skal betales for udstyr og operationel personale til håndtering af udstyret samt databehandlingen. Der vil ligeledes være en omkostning i forbindelse med standsning af arbejdet, når der forekommer problemer med ledningerne og kablerne i vejen, hvorfor dette skal vejes op i mod omkostningerne for skanningen. Den ene proces vil være billigere end den anden, men det er ikke sikkert, at det er den mest foretrukne.

1.1 Problemformulering

Problemformuleringen lyder som følgende:

Hvilke muligheder er der for at bestemme de eksisterende ledningsforhold i jorden, uden at der skal foretages noget gravearbejde, og er det muligt at forbedre datamaterialet for at minimere antallet af overgravninger?

Forundersøgelse 2

I dette kapitel bliver der undersøgt, hvilke muligheder der er for at forberede et anlægsprojekt, samt hvilke eventuelle forbedringer der er på vej.

2.1 LER

LER er en forkortelse for ledningsejerregistret, der er et landsdækkende register, hvor det er muligt at søge oplysninger om ledningsejerne og deres nedgravede ledninger i henholdsvis jorden og havbunden. Formålet med LER er, at formindske graveskader på ledninger, samt give graveaktører og entreprenører mulighed for nemt at kunne komme i kontakt med ejerne af ledningerne. [Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, 2017a]

Når der bliver oprettet en graveforespørgsel i LER, modtager graveaktøren en kvittering med oplysninger på alle ledningsejere i området, og alle ledningsejerne modtager samtidig en bedsked om forespørgslen, hvorefter de har fem arbejdsdage til at svare, samt sende ledningsplanerne. Forespørgslen kan sagtens oprettes af en privat person, men har vedkommende ansat en professionel entreprenør, har de ansvaret for at søge LER ud fra princippet - den som graver, er den som søger. Der må ikke foretages nogen form for gravning, uden at der er blevet lavet en graveansøgning først. Denne har graveaktøren pligt til at lave, således der bliver undersøgt, hvilke ledninger der er i området, inden arbejdet påbegyndes. Hvormed det er vigtigt, at ledningsejerne opdaterer deres tegningsmateriale og kontaktoplysninger, således de er nemme at komme i kontakt med i forhold til eventuelle spørgsmål.

For at få et indblik i anvendelsen af LER-systemet har Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering angivet noget fakta for det: [Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, 2017b]

- Der blev i 2016 søgt 150.000 gange om ledningsoplysninger.
- Af alle de besvarelser, som blev sendt ud, var 76 % automatiske.
- I LER er der registreret cirka 4.000 ledningsejere.
- Der ligger cirka 750.000 km ledninger i jorden i Danmark, hvoraf størstedelen af disse er tele- og datakommunikation.

2.1.1 De kommende ændringer

Selvom systemet bliver anvendt af så mange mennesker og virksomheder om året, er kvaliteten af kortene af svingende, hvorfor en ændring er sat i værk. Det er regeringen, som har startet en videreudvikling af det eksisterende Ledningsejerregister. Dette er sket som en del af vækstpakken 'Vækst og udvikling i hele Danmark' d. 23. november 2015,

hvilket har til formål at undersøge mulighederne for at digitalisere ledningsoplysningerne. I forbindelse med denne undersøgelse er der blevet taget et initiativ til at videreudvikle LER, som en del af den fællesoffentlige digitaliseringsstrategi 2016-2020. [Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, 2017a]

Overordnet om digitaliseringsstrategien

Der er i løbet af de sidste 15 år blevet sat mere fokus på digitalisering i det offentlige, hvilket har til formål at styrke samarbejdet og digitaliseringen på tværs af staten, regionerne og kommunerne. Alt dette har ført til, at Danmark i dag ligger internationalt i front med hensyn til digitalisering af den offentlige sektor. [Digitaliseringsstyrelsen, 2017a] Det er vigtigt at følge med tiden og udviklingen, hvorfor systemerne konstant skal opdateres, således den offentlige sektor kan fastholde et godt og effektivt serviceniveau overfor borgerne og erhvervslivet.

Kigges der isoleret på området vedrørende veje, er der ikke nær så stor en udvikling. Danmark er et godt stykke bagefter andre lande i Europa, når det kommer til den offentlige infrastruktur. Trafikken er tæt på vejene, da de ikke er blevet udvidet i tide, i forhold til udviklingen af mængden af biler i trafikken. Vejarbejde er derfor blevet besværliggjort, for bilerne kan ikke blot flyttes til andre veje, imens arbejdet foretages. Trods vejarbejdet på motorvejene primært er flyttet til om natten, skaber det stadig kaos om dagen. I Danmark er der blot to metroringe - begge i København - og nummer tre er på vej, hvilket andre lignende storbyer har mange flere af, samt nogle har ligeledes sporvogne. I Oslo er der 6 linjer, og Stockholm har tre hovedlinjer, som udgør 7 forskellige ruter. Det er derved nemt at komme fra A til B i de byer, hvorfor Danmark skal forbedre sig inden for dette område, for at aflaste trafiktætheden.

Den fællesoffentlige digitaliseringsstrategi er et samarbejde mellem regeringen, Kommunernes Landsforening og Danske Regioner, der er blevet enige om, at den offentlige digitalisering kan forbedres yderligere. Den seneste strategi er 'den fællesoffentlige digitaliseringsstrategi 2016-2020', hvilket er den femte strategi i processen. Her er der blevet sat tre relative ambitiøse, men stadig realistiske, mål. Disse er delt op i, hvad der bliver kaldt tre spor. Hvert spor indeholder 3 fokusområder, hvilket er et total af 9 fokusområder, som er opstillet herunder: [Digitaliseringsstyrelsen, 2017b]

- Spor 1: Det digitale skal være let, hurtigt og sikre god kvalitet
 - Fokusområde 1: En overskuelig og brugervenlig digital offentlig sektor
 - Fokusområde 2: Bedre brug af data og hurtigere sagsbehandling
 - Fokusområde 3: Bedre og mere sammenhængende velfærd
- Spor 2: Offentlig digitalisering skal give gode vilkår og vækst
 - Fokusområde 4: Bedre rammer for erhvervslivet
 - Fokusområde 5: Offentlige data som vækstdriver
 - Fokusområde 6: En effektiv forsyningssektor
- Spor 3: Tryghed og tillid skal i centrum
 - Fokusområde 7: Den offentlige sektor passer godt på data
 - Fokusområde 8: Robust digital infrastruktur

– Fokusområde 9: Digitalisering for alle

Under hvert fokusområde ligger der flere underpunkter, hvor planerne er udspecificeret yderligere. Den nedgravet infrastruktur hører under fokusområde 6, der har yderligere fire underpunkter, disse er:

- 6.1 Fælles data om terræn, klima og vand
- 6.2 Åbne data om energiforsyning
- 6.3 Udveksling af data om nedgravet infrastruktur
- 6.4 Samlet it-arkitektur for affaldsdata

Her hører ledninger i jorden under punkt 6.3, der omhandler den nedgravede infrastruktur. Under dette punkt bliver der fokuseret på at skabe en bedre og mere effektiv udveksling af data mellem de forskellige interessenter. Dette skal munde ud i, at det bliver nemmere at vedligeholde ledninger og kabler, samt at der vil forekomme færre graveskader, som vil kunne bidrage til en højere forsyningssikkerhed. Alt i alt skal der forekomme en formindskning af de administrative ressourcer, som anvendes på den nedgravede infrastruktur, samt give mindre forstyrrelser af borgerne.

Lovforslag

På baggrund af initiativ 6.3 er der blevet fremstillet et lovforslag, der har til formål at ændre den arbejdsgang, som der forekommer ved udleveringen af ledningsoplysninger, samt lave en udvidelse af lovens anvendelsesområde. Det er Energi-, forsynings- og klimaminister Lars Christian Lilleholt (V), som har fremsat forslaget for et udvalg, der i ultimo december 2017 har vedtaget dette [Folketinget, 2017]. Sagsgangen har været som følgende:

- Fremsat 04-10-2017
- 1. behandlet/henvist til udvalg 10-10-2017
- Frist for spørgsmål 24-10-2017
- Deputation 09-11-2017
- Frist for svar 13-11-2017
- Politisk drøftelse 16-11-2017
- Betænkning afgivet 30-11-2017
- 2. behandlet/direkte til 3. behandling 14-12-2017
- 3. behandlet, vedtaget 20-12-2017

På Folketingets hjemmeside har de givet et kort resumé af lovforslaget, det lyder som følger: *"Lovforslagets formål er at effektivisere arbejdsgange ved udlevering af ledningsoplysninger til brug for gravearbejde og at reducere graveskader og give mulighed for at koordinere gravearbejder og udnytte ledig kapacitet i føringsrør. Lovforslaget udmønter initiativ 6.3 i den fællesoffentlige digitaliseringsstrategi 2016-2020 fra maj 2016."* [Folketinget, 2017]

Mere specifikt bliver der foretaget en ændring i forhold til hastigheden af modtagelsen af oplysninger, hvor der i dag maksimalt er fem arbejdsdage til det, bliver tiden kortet ned til blot få timer. Dette er en realitet ved at automatisere systemet, problemet er her de små ledningsejere, som ikke har råd til at betale for sådan et system. Derudover har de ikke nær så mange ledninger, hvorfor det er sjældent, at de skal afgive ledningsoplysninger. Det bliver derved en dyr proces for dem at omstille sig, hvilket de i følge lovforslaget får tre år til at gøre, før det nye system idriftsættes.

Det er ligeledes også sjældent, at de små virksomheder har deres materiale digitaliseret, hvorfor de ofte bruger en lokal landmåler til at plote deres materiale. I den nye lov skal alt materiale dog afleveres af samme digitale kvalitet, således det med tiden bliver muligt at sammenlægge alt data i et kort, når det sendes ud til graveaktøren. Dette vil give et bedre overblik over, hvilke ledninger der ligger i et givet område, samt forsimple graveaktørens arbejde, hvilket formodentlig vil lede til færre graveskader, og dermed en bedre forsyningssikkerhed.

Der vil også komme en lettere koordinering af gravearbejde parterne imellem, hvorfor der forhåbentlig vil komme flere eksempler på samgravning, i stedet for at vejene bliver gravet op og lappet på kryds og tværs, hvilket er en byrde for det omkringliggende samfund. Graveaktørerne kan via ledningsejerregistret fortælle om deres kommende arbejde, hvorved andre aktører kan melde tilbage, at de interesseret i en samgravning.

Hvis disse tiltag lykkedes, forventes det i det lange løb at mindske de ressourcer, der bruges på at planlægge arbejdet, samt at der vil forkomme færre graveskader. Derudover vil der ikke forekomme spildtid i forbindelse med arbejdet, når der ikke stødes på ukendte ledninger og kabler. Det vil gøre det nemmere og billigere for virksomheder at grave og vedligeholde den nedgravet infrastruktur.

2.1.2 Fremadrettet

Det fremadrettede forløb for lovændringen med hensyn til LER kommer til at foregå således:

- | | | |
|-------------|---|---|
| 01-01-2018 | → | Lovændringen træder i kraft, det vil sige, at alle nye ledninger skal tilpasses den nye lovændring. |
| Medio 2019 | → | Her forventes det at effekten af loven påbegyndes, sammenstillingsfunktionen træder i kraft, hvorfor indslusningen af lovændringen burde være gennemført. |
| Ultimo 2021 | → | Historiske ledninger skal formodentligt vektoriseres inden udgangen af år 2021. |
| Medio 2022 | → | Fristen på to timer starter tre år efter sammenstillingsfunktionen, hvor alt burde være digitaliseret - nye som gamle ledninger og kabler. |

Dette er nogle estimeret tidspunkter for, hvornår diverse ændringer forventes at være sat i kraft. Når det hele er sat i værk og kommer til at fungere, vil forespørgslen komme til at tage to timer. Det vil være fra graveaktøren sender en graveanmodning i LER systemet, til at ledningsejerne har sendt alt relevant materiale til en server i LER, der så samler alt materiale i en fil, som sendes tilbage til graveaktøren. De to timer gælder inden for normal arbejdstid, klokken 7-16, så sendes en ansøgning kort inden klokken 16, kan der ikke forventes svar før dagen efter. Materialet kan bestilles i flere forskellige formater, således det passer til det system, som ansøgeren bruger. Materialet forventes at blive sendt i minimum 2D, hvorfor det vil være muligt for ansøger at klikke de forskellige lag til og fra i filen. Håbet er at kunne sende materialet i 3D, hvilket vil give en større præcision, da dybden på ledningerne og kablerne derved kendes.

Lovændringen vil ikke træde i kraft for mindre vandværker, som ikke er almene vandforsyninger - såsom landmænd, og mindre antenne selskaber, dem som tjener mindre end 50.000 kroner om året.

2.2 Gæsteprincippet i vejen

Når ledningejere har deres ledninger til at ligge i vejen, som er ejet af vejmyndigheden, ligger de efter gæsteprincippet. De betaler ikke for at have ledningerne liggende i vejen, men de betaler for at få dem lagt i vejen af en graveaktør eller entreprenør. Skal vejmyndigheden have lavet reparationer på vejen, som de lovpligtigt skal vedligeholde, har de rettigheder til at bede ledningsejere om at flytte eller fjerne deres ledninger, for ledningsejernes regning. Dette kan kun gøres, fordi ledningsejerne ikke betaler for at have ledningerne liggende i vejen. Det er selvfølgelig aldrig helt uden problemer. Hvis der opstår uenighed mellem parterne, er det ledningsejeren, som skal bevise at ledningen ikke kun ligger som gæst. [Vejdirektoratet, 2015]

Vejmyndigheden kan muligvis godt bede ledningsejer om at fjerne deres ledninger, men det kræver et rigtig godt argument, hvorfor der også sjældent høres om det. Det forekommer dog, at vejmyndigheden har brug for at flytte veje eller ændre på opbygningen, hvorfor der kan opstå konflikter med ledningsejer, hvilket kan ende i retten - der er givet et eksempel i afsnit 2.2.1. Nogle ledningsejere har gamle ledninger til at ligge i jorden, da det har været for omkostningsfuldt at fjerne dem, dette kan dog give nogle problemer, nu hvor mange af kloakledningerne skal fornyes. De gamle ledningerne ligger i vejen i forhold til gravearbejdet, samt de er sjældent angivet på tegningerne. Når der graves, er det ikke altid muligt at se, om ledningen er gammel eller ny. Et andet problem er med de gamle fjernvarmeledninger, da de kan være fyldt med rotter, dette er dog blot en påstand. Rotter er et stort problem, og det er dyrt for det offentlige at gøre noget ved, samt det er til gene for borgerne. Dette burde være nok til et godt argument, men det egentlige problem er, hvem skal betale for arbejdet? Et andet problem er at finde ledningerne, da ledningsejerne ikke altid selv ved, hvor ledningerne ligger, specielt ude i de små samfund.

Trods at ledningerne ligger med hensyn til gæsteprincippet, vil nogle ledninger altid have en eller anden form for førsteret, når det kommer til placering i vejen. Derfor er der en uofficiel prioritering af ledningerne, foretaget af medarbejderne hos Aarsleff, da nogle af ledningerne er vigtigere og mere nødvendige for samfundet end andre.

1. Kloakledninger

Det er altid nødvendigt for befolkningen at kunne komme af med restvandet, da alt andet er uhygiejnisk.

2. El-kabler

Dette er lidt vigtigt at have, da det er svært at få systemerne i huset til at virke uden. Hvis der alligevel ikke er andre systemer (vand, fjernvarme osv.) i huset, så kan der altid bruges stearinlys, når det bliver mørkt.

3. Vandledninger

Vand er en livsnødvendig ting for overlevelse, men det kan ligeledes købes og opbevares på flaske. Det bruges også til vand i toilettet, hvilket er vigtig i forhold til at komme af med restvandet.

4. Fjernvarmeledninger

Det er altid godt at kunne varme vandet og huset op, men der er andre mere primitive måder at løse dette problem på.

5. Telekabler

Det er altid rart at kunne ringe til familien, men det er ikke livs nødvendig, hvorfor det ligger langt nede på listen.

6. Fiberkabler

Det er en luksusvare, hvorfor mennesket sagtens kan leve uden. De er dog vigtige i forhold til den moderne udvikling, hvorfor folk også er mest ømme over for dem, hvis de bliver gravet over. De anvendes blandt andet i forbindelse med betaling af vare i butikkerne.

Alle ledninger og kabler skal selvfølgelig passes på, da de alle er omkostningsfulde og vigtige for samfundet. Nogle ledninger og kabler er blot vigtigere end andre, hvorfor de også har lidt flere rettigheder end andre.

Det er vigtigt at forstå, at gæsteprincippet er et koncept under konstant udvikling, specielt da der i øjeblikket forekommer mange renoveringer og ændringer på og under vejene. Dette leder til, at folk finder huller i lovgivningen og stiller flere og skarpere spørgsmål, hvilket hjælper med at præcisere loven. Derudover er der inden for de sidste årtier kommet en udvikling inden for mængden af udbydere og leverandører af infrastruktur - af den nedgravede type, hvilket har skabt en større interesse for gæsteprincipets anvendelse.

2.2.1 Lovgivning

Lovgivningsmæssigt er der sket en del inden for emnet gæsteprincippet, da beskrivelsen af konceptet har været for vag, og dermed har været for åben overfor fortolkning. Dette har ledt til retssager hos diverse domstole heriblandt Højesteret, som er kommet med deres definition af ordet gæsteprincippet i 2009: *"Gæsteprincippet er betegnelsen for en udfyldende regel, der finder anvendelse i tilfælde, hvor der uden vederlag er givet tilladelse til at anbringe en ledning på en ejendom. Reglen indebærer, at ledningsejeren som "gæst" skal bære ledningsarbejder, der er nødvendiggjort af arealejerens ændrede benyttelse af det areal, hvor ledningen er anbragt."* [Vejdirektoratet, 2015]

Når en ledningsejer ligger sine ledninger som værende gæst, har de rettighed til at ligge gratis i vejarealet, samt at vejmyndigheden tager hensyn til ledningen i forhold til deres dispositioner over arealet, hvilket er angivet i §79 i vejloven. §79 kræver at vejmyndigheden viser hensyn til ledningsejerne, og ikke udnytter deres magt til at bede ledningsejerne om at flytte deres ledninger. Derudover har vejmyndigheden pligt til at begrænse ledningsejerens omkostninger mest muligt. Ledningsejeren har til gengæld pligt til at overholde de stillede vilkår i gravetilladelsen, som ansøges inden hver eneste graveprojekt. Derudover skal de registrere deres ledninger i LER og kunne komme med nødvendige oplysninger, hvis der kommer en forespørgsel. Slutteligt har de pligt til at flytte ledningerne for egen regning, hvilket er angivet i §77 i vejloven.

Lovgivningen vedrørende ledningsarbejder er angivet i vejlovens §73 - §79 og i privatvejslovens §67 - §70c, hvor gæsteprincippet er specifikt angivet i §77 i vejloven og i §70 i privatvejsloven. Problemet med love er, at de ofte kan fortolkes på flere måder, hvis de

ikke er specificeret helt ned i detaljerne, hvilket de desværre sjældent er. Dette har derfor ledt til nogle retsager, hvor en af de seneste afgørelser har defineret noget af vejloven mere specifikt, hvilket der kommer nærmere ind på i næste afsnit.

Cityringdommen

Afsnittet er skrevet på baggrund af en artikel skrevet af Horton [2017], hvor der er afgivet en dom omhandlende betaling af flytning af ledninger. Sagen går under navnet Cityringdommen, som blev afgjort d. 16. februar 2017. Den er omhandlende metrobyggeriet i København, hvor der er ved at blive bygget endnu en linje under navnet Cityringen. Selve dommen omhandler byggeriet af fire metrostationer, hvor nogle ledningsejere er blevet bedt om at flytte deres ledninger, da de ligger i vejen i forhold til byggeprojektet. Ledningsejerne mener dog ikke, at gæsteprincippet er gældende i dette tilfælde, da byggeriet ikke har noget med veje at gøre, hvorfor ledningerne så ikke ligger som gæst.

Højesteret er nået frem til, at metrobyggeriet er et sammensat anlægsprojekt, da arbejdet udføres af både vej og bane, hvorfor gæsteprincippet er gældende. De fastslog ligeledes at begrebet 'vejformål' fra vejloven ikke kun omfatter vejens forløb og dimension, men at det også omfatter et vejteknisk eller færdselsmæssigt formål i bredere forstand. Derfor skal ledningsejerne selv betale for omlægningen af deres ledninger i vejarealet, også selvom omlægningen skyldes andre projekter end vejprojekter.

2.3 Respektafstande

Når der bliver lagt nye ledninger og kabler i jorden, skal der tages hensyn til de allerede eksisterende ledninger, da de ikke må ligge for tæt. Det er ikke alle ledninger og kabler, som fungerer ordentligt i forhold til sending af signal, hvis de ligger for tæt sammen med andre. Derfor skal der vises en form for respekt, når de nye ledninger bliver lagt i jorden - hvorfor princippet går under navnet 'Respektafstand'.

Alle ledningsejere har deres egen mening om, hvad respektafstanden er til deres type ledninger. Dette kan ikke altid overholdes, når vejen kun har en hvis bredde, og de f.eks. ønsker en meters afstand, og der skal ligge flere ledninger end deres. Alle ledningsejere skal så vidt muligt prøve at respektere de andres krav og ønsker, selvom det ikke altid er muligt. For at strømline det, samt sikre ledningerne, er der i Dansk Standard [2012] blevet sat nogle standard afstande, som alle ledningsejere skal overholde. Kravene er:

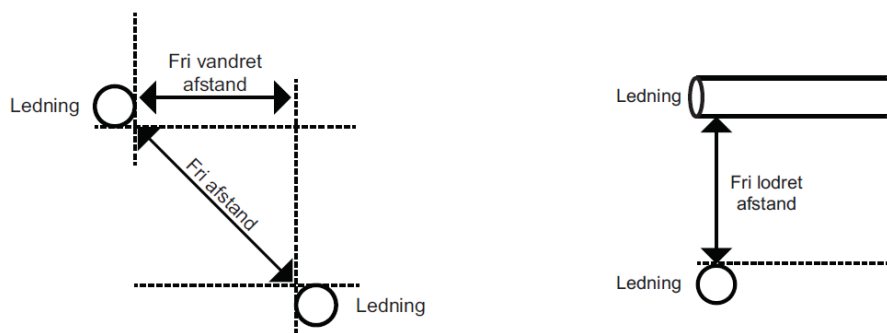
- Parallelførte ledninger

Der skal mellem parallelførte ledninger af forskellig art forekomme en fri vandret afstand på minimum 0,5 meter. Dette kan reduceres til 0,3 meter ved mangel på plads, og det kan reduceres yderligere til 0,2 meter, hvis det er mellem lavspændingsledninger og kommunikationsledninger.

- Krydsende ledninger

Der skal mellem krydsende ledninger af forskellig art forekomme en fri lodret afstand på minimum 0,2 meter, hvilket kan reduceres til 0,1 meter ved mangel på plads, så længe ledningerne ikke er af et skørt materiale.

På figur 2.1 er vist den fri vandrette og lodrette afstand mellem ledninger. Definitionen af den fri afstand mellem to ledninger er, at det er den mindste afstand mellem ydersiderne af ledningerne, uden at der bliver taget hensyn til eventuelle beskyttelsesforanstaltninger. [Dansk Standard, 2012]



Figur 2.1. Til venstre er vist den fri afstand samt den fri vandrette afstand. Til højre er vist den fri lodrette afstand [Dansk Standard, 2012].

2.4 Søgning af 'forsvundne' ledninger og kabler

Selvom ledningsejerregistret er meget brugt og fremadrettet kommer til at aflevere kortmaterialet hurtigere og i bedre kvalitet, vil der stadig være et problem med hensyn til, at det ikke er alle ledninger, som er tegnet korrekt ind i systemet eller overhovedet tegnet ind. Derfor kunne det være nyttigt, hvis der var mulighed for at finde de forsvundne ledninger, og derudfra planlægge arbejdet.

2.4.1 Materialerne i ledningerne og kablerne

Ledninger og kabler er af lavet diverse materialer, hvilket er afhængig af tiden, hvor de er blevet lagt. Nogle materialer er blevet billigere med tiden, hvorfor de selvfølgelig anvendes mere, men det afhænger også af levetiden på materialet, da der helst ikke skal forekomme fornyelsesarbejde hele tiden.

Når ledninger og kabler graves ned i jorden, dækkes de oftest til med sand, da de skal beskyttes mod skader fra sten. Hvis det er betonrør, er det ikke nødvendigt at anvende sand, i stedet kan det omkringliggende materiale fra opgravningen tilbagefyldes, så længe det er af ordentlig kvalitet i forhold til stabiliteten. Et lille stykke over ledningerne og kablerne ligges der et advarselsbånd, der indikerer hvilken type ledning eller kabel, som der skal passes på. Dette er specielt vigtigt, da det kan være højspændingskabler, som er farlige at grave i.

- Kloakledninger

Materiale: Plast og beton

Plast vælges frem for beton ved de mindre ledninger, da dette er det billigste, fordi tykkelsen af røret kan gøres lille. Hvorimod jo større diameteren på rørene bliver, desto tykkere skal rørene være, for at de kan modstå presset fra den omkringliggende jord. Plast rør med en stor diameter er dyre at fremstille, da plast er et dyrt materiale, og det er svært at fremstille tynde betonrør, hvorfor rørene først bliver attraktive i en større diameter.

- El- og telekabler

Materiale: Kobber

Kobber er et godt ledende materiale, hvorfor det er godt til el og tele. Kobberet er beskyttet af et lag plast, og kablerne ligges oftest direkte i jorden lige meget størrelse.

- Vandleddninger

Materiale: Plast (og stål)

De fleste vandledninger er af plast, men nogle af de gamle er lavet af stål, dette er dog ved at være en sjældenhed. Når ledningerne er lavet af plast, er de nemme at lave hul på, og der er ingen tvivl, når den har fået en revne, da vandet mildest talt fosser ud. Andre gamle ledninger kan være lavet af eternit eller støbejern.

- Fjernvarmeledninger

Materiale: Jern og plast

Der er jern i hovedledningen og plast i stikledningerne. Ledningerne er beskyttet af et lag isolering, hvilket også gør at varmen fra rørene ikke forsvinder ud i jorden. I dag lægges der primært twinrør, hvilket vil sige et rør til frem og et til tilbage, hvor der langs med et af rørene ligger en søgetråd, der kan finde brud på ledningen.

- Fiberkabler

Materiale: Plast og glas

Det er nogle tynde kabler på omkring 3-5 mm i diameter, hvilket gør dem svære at finde i jorden, og de tåler heller ikke særlig meget berøring. Derfor ligger de i hulrør for beskyttelse.

Ledninger og kabler består primært af plast, da dette er et forholdsvis billigt materiale og nemt at arbejde med i forhold til vægt. Problemet er, at plast ikke er nemt at lokalisere igen, specielt hvis det ikke vides, hvor ledningen ligger henne.

2.4.2 Ledningslokalisering

Det er muligt at søge ledninger og deres vej i jorden, men her kendes ledningernes placering næsten i forvejen, hvorfor de blot bliver præciseret. Metoderne er gode at anvende i trafikerede områder, da trafikken således ikke bliver generet. Der er tre typer af søgninger inden for dette område, hvilket er beskrevet i det følgende ved hjælp af Teknologisk Institut [2017].

Sondelokalisering

Ved den første metode lokaliseres ledningerne ved hjælp af en radiosonde, som føres ned i selve rørene, mens der går en person med en modtager oppe på jorden, som derved måler frekvenserne fra sonden. Ud fra dette kommer der en placering af ledningen i planet samt i dybden, så længe ledningen ikke ligger dybere end fem meter.

Denne metode bruges oftest til afløbsledninger og drænledninger, hvor forløbet af ledningen ikke kendes, eller hvis der skal lokaliseres en forstoppelse, et sammenbrud eller lignende. Metoden er god, da den rimelig præcist kan bestemme ledningens forløb. Forstyrrelser og støj på frekvensen fra andre ledninger, så som telekabler, kan dog forekomme, hvilket imødegås ved ændring af frekvensen. Metoden kan desværre ikke anvendes ved metalliske rør, da disse lukker af for radiobølgerne. Dette betyder også, at der ikke må være f.eks. biler og containere i nærheden af målestedet.

Elektrisk lokalisering

En anden metode kan være at bruge elektrisk lokalisering, der anvendes til at finde ledninger af jern. Dette sker ved, at der sendes en strøm igennem røret, hvorved der dannes et magnetfelt omkring røret, hvilket registreres på jordoverfladen med en pejlestav. Det er ligeledes muligt at bruge metoden ved andre rør, der ikke er metalliske. Her føres et ledende materiale ind i røret, hvorved der dannes et magnetfelt.

Metoden kan anvendes i alle typer af ledninger, og den er god til at bestemme dybden med. Problemet ved denne metode er, som ved den forrige, at der kan forekomme forstyrrelser fra andre radiosignaler, hvorfor det skal tages med i overvejelserne i forbindelse med en lokalisering.

Dækselsøger

Den tredje metode anvendes kun til at finde dæksler, som er blevet dækket til af asfalt, jord eller lignende. Der bruges en metaldetektor, hvor personen, som går med den, har høretelefoner på, således det er muligt at høre eventuelle udslag. Problemet kan her være, at der kan forekomme andre metalgenstande i nærheden, som kan virke forstyrrende.

Alle tre metoder er illustreret på figur 2.2.



Figur 2.2. Yderst til venstre er vist en sondelokalisering, i midten er vist udstyret til en elektrisk lokalisering, og yderst til venstre er vist en dækselsøgning. [Teknologisk Institut, 2017]

2.4.3 Skanning af jorden med GPR

Når der foretages en skanning af jorden, foregår det hele oppe på jordoverfladen - eller vejen i de fleste tilfælde. Her vides det ikke med sikkerhed, hvad der ligger i jorden. Metoden, som kan anvendes til at bestemme, hvordan jorden ser ud under overfladen uden af udføre det helt store gravearbejde, er Ground-Penetrating Radar, det kaldes også for georadar eller jordradar. Det anvendes til at bestemme strukturen i jorden, ved at der sendes radarpulser ud i jorden, hvorved der kan laves et radargram.

Radarpulser er en elektromagnetisk stråling, hvor der sendes en kombination af høje og lave frekvenser ud i jorden, når strålerne rammer et objekt af en anden struktur, end den er sendt afsted i, sendes de retur til modtageren og lagres til videre behandling. Undervejs bliver de forskellige strålers rejse målt, her bestemmes både dens dybde og placering, hvilket giver et koordinatpunkt med både x, y og z. Alle disse punkter danner en punktsky, hvor det er muligt i den videre behandling at forbinde punkter til diverse objekter - f.eks. et

rør. Behandles denne punktsky i et 3D modellerings program, vil det være muligt at få en 3D model, som giver et billede af undergrunden og dens indhold.

Når der bliver sendt radarpulser afsted, bliver de sendt i en kombination af høje og lave frekvenser. Dette giver en stor forskel i detaljeringsgraden, da de høje frekvenser er gode i jorden tæt på overfladen, hvorfor det er muligt at få en mere detaljeret skanning. I følge Global GPR [2017] er det muligt at måle rimelig præcist ned til en dybde på 60 centimeter, når der er en frekvens på omkring de 1000 MHz. De lave frekvenser er derimod gode til at måle i dybden, men præcisionen af målingerne forsvinder, jo dybere der måles. Der måles med omkring 12,5 MHz til 500 MHz, ved de lave frekvenser [Global GPR, 2017].

Teknologien er primært blevet brugt til at kortlægge jordlagene og grundvandstanden, men det er så småt begyndt at gå op for byggebranchen og forsyningssektoren, at den muligvis kan bruges til meget mere. Det vil være muligt at skanne betonelementer, og på den måde kortlægge armeringen samt ledningerne, som er støbt ind i konstruktionen. Derudover er der mulighed for at skanne jorden for forsvunde genstande, hvilket kan være alt fra arkæologiske oprindelse til simple glemte objekter.

Et problem for teknologien kan være den danske jord, der har en tendens til at være meget leret, hvilket er et materiale, som indeholder en del vand, hvorfor radarpulserne kan have problemer med at 'trænge' igennem laget. Hvis genstandene ligger under disse lag, vil de højst sandsynligt ikke blive fundet. Det samme problem vil opstå, hvis grundvandstanden er høj i et område. Dette kan være naturligt for området, eller blot noget som er der midlertidigt, grundet nedfald af større regnmængder indenfor en kortperiode.

I forhold til at kunne anvende skanningen til at søge efter ledningerne, vil der opstå et problem i at mange af ledningerne og kablerne er lavet af plast, som det er nævnt i afsnit 2.4.1. Derfor vil det være svært at finde vandledningerne og nogle af kloakledningerne, samt de tynde kabler fra fiber, el og tele, som måske vil 'undgå' radarpulserne, da de ofte er lavet af plast. Derudover kan der forekomme et problem i forhold til de dybtliggende ledninger og kabler, hvis de skal indmåles meget præcist, da radarpulsernes præcision forværres så småt efter 60 centimeter.

2.5 Analyse

Der sker en masse inden for forsyningssektoren i Danmark, specielt med den nye fællesoffentlige digitaliseringsstrategi 2016-2020s tiltag inden for den nedgravet infrastruktur. Der er blevet sat krav til ledningsejerne om at tilpasse og opdatere deres data, således det som minimum er digitalt tilgængeligt i 2D, hvilket vil forbedre LER systemer, strømline dataen og forbedre kvaliteten af kortene sendt ud til graveaktørerne.

Det er et rigtig godt initiativ, der, når det kommer til at fungere optimalt, vil spare samfundet og virksomhederne for en del penge. Det bliver svært at gennemføre i virkeligheden, da det er dyrt for de mindre virksomheder at få lagt alt deres materiale ind digitalt, fordi de er nødt til at betale sig fra det, og det er alligevel sjældent, at nogen skal bruge oplysningerne. Derfor er sandsynligheden for, at alt kommer til at gå gnidningsfrit og efter planen, lille. Det vil selvfølgelig være lige så dyrt for de store virksomheder, men de har blot en større kapital og kapacitet at bruge af, samt de fleste er allerede begyndt at

have deres materiale lageret digitalt.

Der ligger en udfordring i den manglende viden angående gamle ledninger og kabler, som er blevet lagt i jorden for mange år siden. De er sjældent blevet taget op i forbindelse med lægning af nye og bedre ledninger, da det er blevet set som en unødvendig udgift, hvorfor de stadigvæk er der i dag. Dette er én ting. En anden ting er, at de gamle ledninger oftest kun er tegnet ned på papir og er ikke registreret digitalt på nogen måde. Med tiden er mange af disse tegninger forsvundet, og de mennesker, som har arbejdet med ledningerne, er ikke til stede længere, hvorfor informationen er gået tabt. Dette kommer til at give nogle pludselige problemer, når graveaktørerne står over hullet og ser en masse ekstra ledninger. Gravearbejdet kommer til at tage længere tid, og desværre er tid i den forbindelse lig med penge.

Derudover er miljøkravene i dag blevet strammet yderligere, hvorfor det nu kan være dyrere at bortskaffe de gamle ledninger, end det ville have været dengang, hvor de gravede de nye ned. Dette er en stor omkostning for ledningsejerne, som de så småt er ved at blive udsat for i forbindelse med separeringen af kloaksystemet, der foregår landet over. Deres ledninger ligger i vejen for gravearbejdet, derfor de skal fjernes.

For at få den nye digitaliseringsstrategi til at virke, skal der forekomme et samarbejde mellem alle parter. Det er derfor vigtigt, at ledningsejerne forstår, at de ligger i vejarealet som gæster, da arealet er ejet af vejmyndigheden. De skal ikke betale for at ligge i vejen, men de skal flytte eller fjerne deres ledninger, hvis vejmyndigheden ønsker det i forbindelse med vedligeholdelse af vejarealet. Det er derfor vigtigt, at ledningsejerne ved, hvor deres ledninger ligger, og det er lige så meget de gamle som de nye.

Hvis ledningsejerne ikke ved, hvor deres ledninger ligger eller ikke kender deres præcise forløb, er der flere metoder til at lokalisere ledninger på, men det største problem er de 'forsvundne' ledninger - dem, som er blevet glemt med tiden. En metode til at løse dette på, kunne muligvis være at bruge Ground-Penetrating Radar. Da det er en nyere teknologi, er det ikke bare muligt at få fingrene i den, hvorfor der skal stables et samarbejde på banen med en anden virksomhed, ellers skal der betales for det.

Når der bliver anvendt GPR, bliver der som beskrevet tidligere sendt en refleksion tilbage af det, som radarpulserne rammer, hvorved der skabes et billede af genstandene i jorden. Hvis dette skal kunne bruges på ledninger, er det vigtigt at alle ledningsejere og graveaktører tager hensyn til respektafstandene mellem ledningerne. Hvis der ikke bliver taget hensyn, kan ledningerne komme til at ligge oveni hinanden, hvilket vil lede til, at de nederste ledninger ikke vil blive lokaliseret.

Teknologien er klart en mulighed for at bestemme forholdene i jorden, uden at der behøves at grave. Problematikken er her, at det umiddelbart ikke virker til, at skanningerne bliver særligt præcise, når det kommer under 60 centimeter. Dette kan godt være et problem, hvis det skal anvendes til lokalisering af ledninger. Nogle ledninger kan ligge ned til en dybde på 1,5 meter - længere nede hvis det er kloak. Selvom kloakledningerne ligger væsentligt dybere end de andre ledninger, så er de ligeledes de bedst dokumenterede. Der findes virksomheder som Orbicon, som har registreret størstedelen af forsyningsledningerne i deres system, og de ligger alle digitalt med alle nødvendige oplysninger til, at kunne konstruere en 3D model af dem. Kloakledninger er også nogle af de 'nemmere' ledninger at lokalisere igen, da der

regelmæssigt er sat brønde op til jordoverfladen, hvorfor almindelige lokaliseringværktøjer kan anvendes.

Hvis det var muligt at kende alle ledningerne i jorden og få dem ind i en 3D model, vil det lette arbejdet på byggepladser væsentligt, da alt tegningsmateriale kan overføres til gravemaskinerne, og maskinførerne kan grave efter det. Dette vil optimere produktionsraten, hvilket vil spare penge på bundlinjen.

Konkrete eksempler 3

Der bliver i dette kapitel gennemgået en vejstrækning, hvor der er blevet foretaget en fornyelse af kloaksystemet. Der kigges på de forskellige problematikker, som kan opstå omkring denne form for anlægsprojekt. Derudover beskrives et forsøg med lokalisering af ledninger ved brug af Ground-Penetrating Radar.

3.1 Eksempel i Bælum

Der tages i dette afsnit udgangspunkt i et eksempel fra Bælum, hvor der i øjeblikket er ved at blive separatkloakeret. Projektet har afsluttet sin tredje etape ud af ti, hvorfor de fleste problemer er ved at være identificeret - dette betyder dog ikke, at problemerne ikke bliver ved med at opstå. Der kan kigges på vedlagte tegninger 1 og 2 for bedre forståelse.

Byen Bælum har knap 800 indbyggere og er beliggende i Rebild Kommune, hvilket er i Region Nordjylland. Placeringen fremgår af figur 3.1.



Figur 3.1. Placeringen af Bælum er angivet med en rød prik [Eniro, 2018].

I det følgende er der angivet noget fakta vedrørende separatvloakeringen på en vejstrækning ved navn Rolighedsvej i Bælum:

- Længden af vejen er 159 meter, hvoraf 137 meter kloak blev fornyet, og 22 meter blev betonfyldt.
- Bredden af vejen er 4 meter.
- Der skal anvendes gravekasse, fordi det er i tætbebygget område, og der ellers kan forekomme sætninger på husene.
- I følge LER er der ti ledningsejere. Det viste sig senere i graveansøgningsprocessen, at der kun var otte, da der var forekommet en sammenlægning af virksomheder. Dette betød derfor, at det ikke var alle kontaktoplysningerne, som var korrekte. Da projektet var ved at nå sin afslutning, dukkede der en fremmed ledning op, hvorfor det viste sig, at der faktisk var en niende ledningsejer i området, der ikke havde registreret sine ledninger i LER.
- I følge LER er der ti krydsende ledninger, i form af både hoved- og stikledninger. Der er helt rigtig 28 krydsende ledninger i vejen, hvilket er 18 flere end LER oplyste. Af dem er 13 gamle ledninger, som ikke er blevet taget op, hvilket betyder, at fem aktive ledninger ikke er registreret i LER systemet. Der manglede en vandledning til nummer otte og el-kabler til nummer et, tre, fem og syv.
- Ud over de krydsende ledninger, lå der en gammel fjernvarmeledning langsgående, der startede med at ligge med en afstand på en meter til fællesledningen i nord, og sluttede med en afstand på 40 centimeter i syd.
- Der ligger gamle el-kabler, som krydser sammen med de nye kabler i en afstand af 30 centimeter, og der ligger ligeledes gamle telekabler i fortovet i øst-siden med en afstand på 20 centimeter til de aktive.
- Til lokalisering af ledninger forventes det, at de findes i vej-kassen i en dybde på 0,7 - 1,2 meter (i nogle tilfælde 1,5 meter).

Der blev i forbindelse med arbejdet sat en forventning om, hvor lang tid det ville tage jævnt før en bestemt produktionsrate. Produktionsraten blev ikke overholdt, blandt andet på grund af problemer med krydsende ledninger. Der var væsentligt flere end antaget, samt at de ikke altid lå der, hvor de var tegnet, hvilket medførte standsning af arbejdet. Der blev cirka brugt 16-20 timer på stilstands arbejde, perioder hvor håndmændene ikke kunne gøre andet end at vente på en løsning af problemet. Mængden af tid kommer fra følgende fakta fra byggepladsen:

- 4 uger → Mængden af tid estimeret til brug på arbejdet.
- 5 uger → Mængden af tid brugt på arbejdet.
- 4 gange → Antallet af gange arbejdet gik i stå i en længere periode (flere timer).
- 4-5 timer → Antallet af timer der cirka er brugt per gang, arbejdet gik i stå.

Ud over de 'store' standsninger forekom der også andre problemer, som var med til at påvirke forsinkelsen af arbejdet, hvilket er beskrevet nærmere i det følgende.

3.1.1 Problemer undervejs

I et hvert projekt vil der opstå problemer undervejs, det er svært at undgå. Det gælder om, at holde disse problemer nede på et rimeligt niveau. Typen af problemer der kan opstå under denne form for anlægsprojekt er listet op i det følgende og beskrevet nærmere:

- Vejret
- Jordtypen
- Grundvandet
- Ledninger - og dermed også deres ejere
- LER tegninger

Vejret, jordtypen og grundvandet

Anlægsarbejder afhænger altid en smule af vejret, da et skybrud ofte giver problematiske vilkår. Sne og frost er heller ikke et ønske vejr, men det giver ikke så store problemer, da kloaksepareringsprojekter foregår et godt stykke nede i jorden, hvor der er frostsikkert. Dette ændrer selvfølgelig ikke på, at det øverste lag kan fryse, men her er gravemaskinerne en god hjælp.

Nogle jordtyper er altid nemmere at arbejde i end andre, hvor typer som gytje, fed ler og kalkholdige materialer er besværlige at bygge på - konstruktioner og veje skal have en god opbygning, da de ellers kan sætte sig. Derfor udskiftes disse dårlige materialer, og der tilføjes bedre. Ud over at jordtyperne kan have noget at sige, så er det ligeledes mængden af vand i dem, som kan være afgørende. Sand er et materiale, hvor vand har rig mulighed for at sive igennem, hvilket betyder, at der ved en høj grundvandsstand vil komme en masse vand ind i gravekassen, hvorfor arbejdet bliver kompliceret. Der behøver ikke at være en høj grundvandsstand, det kan ligeledes have regnet voldsomt, hvorved at vandet siver til fra den omkringliggende jord.

I projektet i Bælum oplevede entreprenøren, at der forekom sandpuder mellem nogle lerlag i et af områderne, hvori der lå en masse vand, som ikke kunne sive ned i undergrunden. Da der blev gravet ud til sætning af gravekasserne, blev der prikket hul på disse puder, og vandet fyldte hullet op. Der var i disse tilfælde nødt til at blive sat sugespidsere, da en naturlig afvanding ikke kunne lade sig gøre. Selvom de skulle sættes, var dette ikke en tidskostelig affære, da virksomheder inden for den branche er hurtige til at reagere på en forespørgsel. Dog betød det en smule dobbelt arbejde, da hullet skulle graves igen, fordi vandet førte en del sand med sig.

Ledninger og ledningsejere

Under et anlægsprojekt i et eksisterende område kan og vil der helt sikkert forekomme konflikter med eksisterende ledninger og kabler, hvorfor et godt samarbejde med de forskellige ledningsejere er nødvendigt. Dette kompliceres ofte under dialogen om, hvem der skal betale for skaden.

Den normale proces ved at indgå et samarbejde entreprenør og ledningsejer imellem, er, at der fra start af bliver foretaget en forventningsafstemning. Ledningsejerne bliver fortalt fremgangsmåden og tidsplanen, hvorved det er muligt for ledningsejerne at fortælle om eventuelle problemer i forhold til det. Dette foregår gerne ved et såkaldt ledningsejermøde, som entreprenøren inviterer til, og tilsyn ligeledes deltager i. Her kan der f.eks. blive udvekslet kontaktinformationer, således det er nemmere at kontakte den korrekte person fra starten af, da der ellers kan bruges lang tid på at identificere rette vedkommende - specielt i store virksomheder. Der findes en fremgangsmåde med hensyn til ledninger og muligvis overgravning af disse, hvis de skulle ligge problematisk i forhold til udførelsen af

arbejdet. Hvis det foregående ikke sker, kan der ved eventuelle problemer være knas på tråden, hvorfor tonen hæves og irritationer skinner mere igennem. Dette skaber en dårlig kommunikation, hvilket kan skabe misforståelser, og dermed gøre problemerne større end de reelt er.

Til ledningsejermødet i Bælum deltog kun en ud af ni ledningsejere, hvorfor arbejdet ikke blev koordineret særligt meget. Dette er sandsynligvis en af årsagerne til, at der er opstået problemer løbende. Undervejs i gravearbejdet har det været nødvendigt at løfte en fiberbrønd op, hvorved der er blevet lavet en skade på et af fiberselskabets kabler i brønden. Dette er selvfølgelig ærgerligt, og entreprenøren skal betale, trods at fiberselskabet kunne have imødeset problemet, hvis de havde dukket op til ledningsejermødet. Entreprenøren skal betale, da de forårsager skaden, og da de til enhver tid kunne have kontaktet fiberselskabet for hjælp til flytning af deres brønd. Imens der bliver diskuteret, om hvad omfanget af skaden er, og hvem der skal betale, forekommer der et andet problem med samme fiberselskabs ledninger. Det er ikke muligt at finde en af deres kabler i jorden, trods den er markeret på tegningen. Det viser sig derefter, at kablet er trukket med op i en anden ledningsgrav, men rettelsen er ikke kommet med på tegningen. Der er dermed brugt unødvendigt gravearbejde på at finde kablet, hvilket har sat den dags produktion ned, og kostet entreprenøren penge.

For at løse problemerne mellem entreprenør og ledningsejere, bliver ledningsejer indbudt til det følgende byggemøde. Her bliver løsningen på de beskrevne problemer, at fiberselskabet betaler for skaden på kablet i brønden, og entreprenøren betaler for tiden brugt på at søge efter et kabel. Under byggemødet dukker en anden diskussion op, for entreprenøren har haft problemer med at finde fiberselskabets stikledninger, da disse ikke er registreret på tegningerne, men de bliver ved med at finde dem i nogle områder. Hertil fortæller fiberselskabet, at de har sat nogle 'blomster' på husene, der skal indikere, at der ligger et stik ind til huset. Blomsten fortæller bare ikke, hvor stikket løber fra hovedledningen og ind til huset. Når stikledninger af fiber og tele typen skal graves fri, anvendes der ikke en gravemaskine, da de er for tynde, hvorfor det skal gøres med håndskovl. Det er en bekostelig affære at søge efter kablerne, men ligeledes er det at grave dem over. Derudover skaber det unødvendige problemer for borgeren i husstanden, hvis de bliver gravet over.

LER tegninger

Et af de helt store problemer under anlægsarbejdet er de udleverede tegninger fra LER. De passer ikke med, hvordan det hele ser ud i jorden, da der var 18 krydsende ledninger og kabler mere i jorden end registreret. Dette besværliggør den daglige planlægning af arbejdet betydeligt, hvorfor der kom en forsinkelse på en uge i følge tidsplanen. Gamle ledninger og kabler er blevet efterladt i jorden, da det er blevet vurderet unødvendigt at tage dem op, eller det har været en bekostelig affære for ledningsejeren. Herefter er de med årene blevet slettet fra tegningerne, da det 'blot' er døde ledninger, hvilket desværre ikke altid er nemt at se forskel på, når der graves.

Derudover lå ledningerne heller ikke altid der, hvor de var blevet tegnet, hvilket nok er et vedvarende problem, for det er svært at registrere alle ledninger 100 %, men der må forventes en hvis præcision. Afvigelser på en meter eller derover kan ikke være i orden. Problemerne håbes at blive kraftigt reduceret, når den nye LER lov bliver iværksat.

3.2 Eksempel på Ground-Penetrating Radar

Princippet for Ground-Penetrating Radar er blevet beskrevet i afsnit 2.4.3, hvorfor der i dette afsnit forekommer et eksempel fra entreprenørvirksomheden Per Aarsleff A/S på brugen af den.

3.2.1 Per Aarsleff A/S

Der er i Per Aarsleff A/S blevet lavet et forsøg på at lokalisere ledninger og kabler i jorden ved brug af GPR. Det er blevet testet på to veje i Aarhus Kommune, hvor virksomheden er en del af en rammeaftale, der skal foretage en separering af kloakeringen i byen. Selve testen er blevet udført af en udenlandsk virksomhed, IDS Corporation, der henvente sig til Aarsleff for muligheden for at teste deres nyeste teknologi på dansk jord.

IDS Corporation

Dette er et italiensk firma, som har hovedsæde i Pisa i Italien, samt har kontorer i fem andre lande (Storbritannien, Brasilien, Canada, Sydkorea og Australien). Virksomheden har eksisteret siden 1980 og beskæftiger omkring 600 mennesker. IDS Corporation har en stor erfaring og ekspertise inden for nogen af de mest sofistikerede teknologier, og de leverer forskning, innovation og produkter inden for det elektromagnetiske felt til civil- og forsvarsapplikationer. [IDS, Ingegneria Dei Sistemi, 2017a]

De har lavet en del inden for radarområdet, hvor de har anvendt GPR til et militært formål. Her har de lavet et projekt, som hedder 'Vehicle mounted IED detection and classification' og selve produktet bliver kaldt for Minerva. Teknologien kan lokalisere unormalheder i jorden - såsom bomber, hvorfor det er muligt at undgå disse og derved redde liv. Den kan detektere både metalliske og ikke-metalliske uregelmæssigheder i jorden, og derved klassificere om det er en trussel eller ej. Der er vist en prototype på figur 3.2.



Figur 3.2. Eksempel på produktet monteret på en militærbil [IDS, Ingegneria Dei Sistemi, 2017b].

Produktet, som IDS Corporation kommer med, kan installeres på flere forskellige former for køretøjer, hvorved det dækker en bredere del af industrien. GPR er anvendt til dette

produkt, men det er ikke det eneste, som denne teknologi kan anvendes til. Når det er muligt at detektere anomalier i jorden, burde det også være muligt at bestemme placeringen af ledninger og kabler i jorden. Hvilket er et problem, som virksomheden har prøvet at tackle.

Aarsleff og IDS Corporation i Aarhus og Mårslet

Anvendelsen af GPR til lokalisering af ledninger og kabler er stadig på forsøgsbasis, men det er en teknologi, der konstant bliver udviklet på, hvorfor der laves test rundt om i verden. Teknologien er blevet testet på vejene Jægergårdsgade i Aarhus og Hørretvej i Mårslet, hvis placeringer er vist på figur 3.3.



Figur 3.3. Kort over placeringen af de to skanninger, Jægergårdsgade er markeret med en rød prik, og Hørretvej er markeret med en pink prik [Eniro, 2018].

Testen er foregået d. 28.-30. september 2015, og det overordnede formål med testen var at lokalisere ukendte hindringer og ledninger i jorden, samt få en bedre præcision af dem i forhold til x-, y- og z-koordinater. Ved at have en bedre præcision af ledningerne, vil det være muligt at foretage en større del af fornyelses-projekterne med no-dig metoder, hvilket

Aarsleff har en spidskompetence i at kunne udføre, samt det vil skabe et bedre grundlag for planlægning og færre stop i udførelsen. Alt i alt vil der totalt kunne spares penge på processen. Udstyret anvendt til skanningerne er vist på figur 3.4.



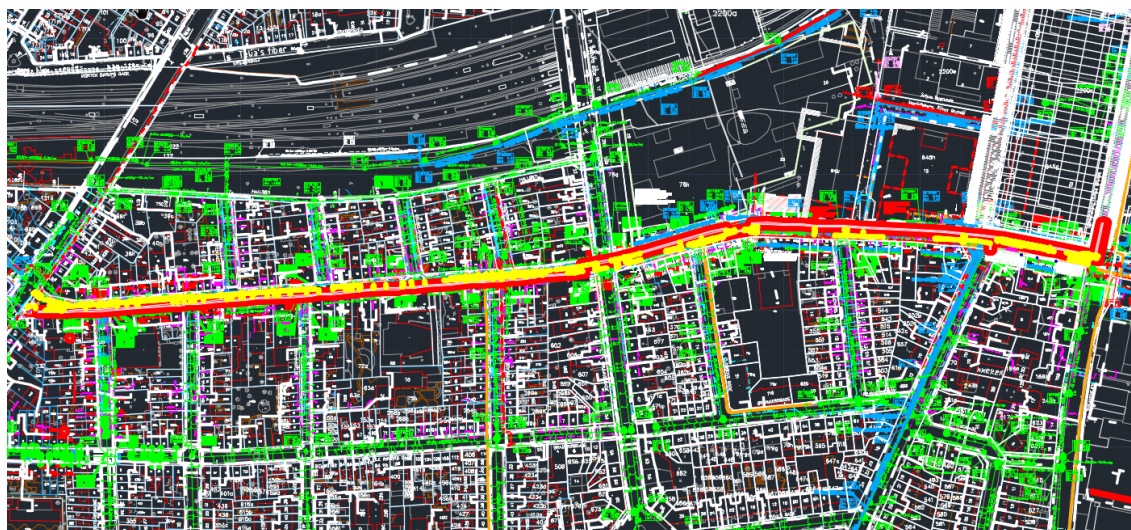
Figur 3.4. Udstyret fra IDS Corporation monteret på en Per Aarsleff A/S bil [Per Aarsleff A/S, 2015]

Softwaren, der er anvendt til skanningen, kaldes for 'GRED 3D Utilities', og den har følgende funktioner:

- Automatisk "lednings"-registrering
- Automatisk data behandling
- Automatisk estimering af sammenkobling
- 2D/3D præsentation (Live) - det er muligt at sidde i en vogn nærved og følge med i tegningen af skanningen direkte på computeren.
- Sammenkobling mellem lav- og højfrekvens registreringer - hvilket danner et komplet billede af resultaterne.
- Registrering af uregelmæssig jordsammensætning, der kan være kommet ved en tidligere udgravning.
- Grafisk præsentation på ortofoto

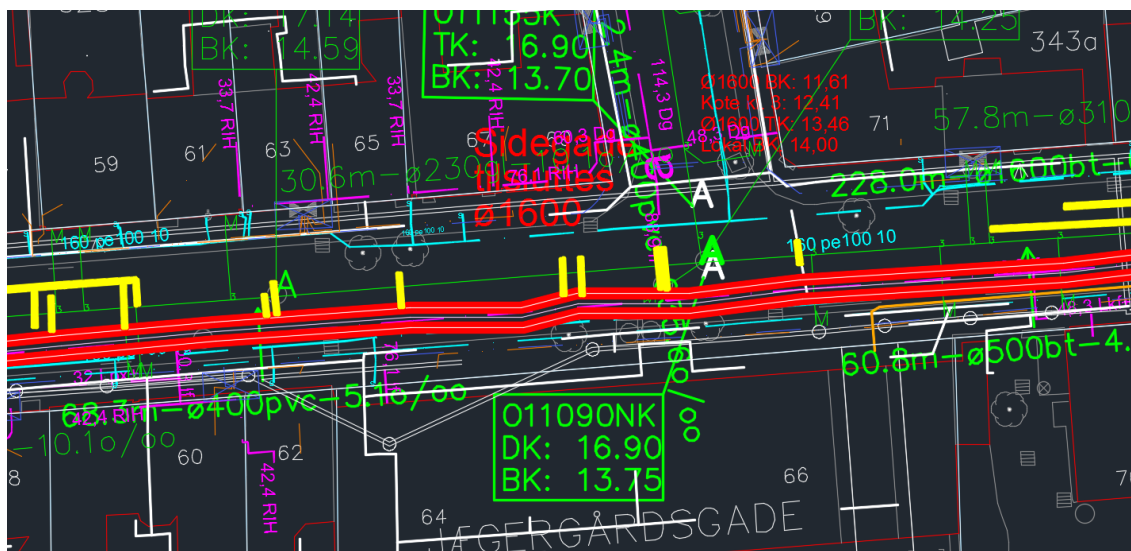
Ud fra skanningerne er der kommet nogle resultater i henholdsvis 2D og 3D, og der er på figur 3.5 vist et screenshot fra CAD tegningen af Jægergårdsgade, hvor resultatet af skanningen er vist. Den tykke røde streg er der, hvor maskinen har kørt, og de gule streger angiver de ledninger og kabler, som maskinen har registreret. CAD filerne for henholdsvis

Jægergårdsgade og Hørretvej er vedlagt til yderligere forståelse og gennemgang, hvis dette ønskes.



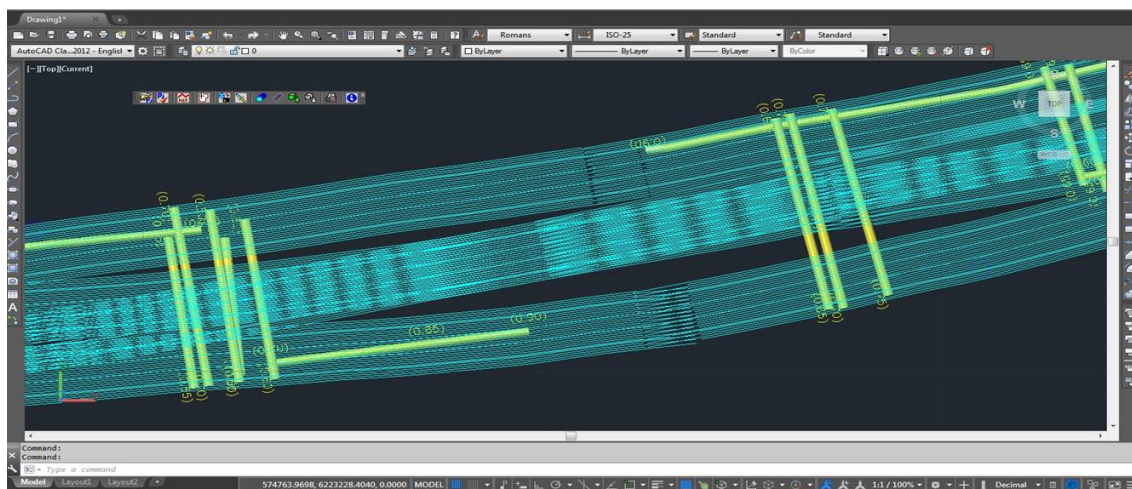
Figur 3.5. CAD tegning af Jægergårdsgade med tilhørende resultater fra skanningen - det fulde billede af vejstrækningen [Per Aarsleff A/S, 2015]. Øverst på kortet ses banegraven i Aarhus, og Jægergårdsgade er markeret op med den tykke røde streg, som viser, hvor maskinen med skanningsudstyret har kørt. De gule streger viser de ledninger og kabler, som er blevet registreret af maskinen. De resterende farver er blot oplysninger om de andre ledninger og kabler i området.

Der er på figur 3.6 zoomet mere ind på figuren end før, hvorfor de registrerede gul ledninger og kabler er tydeligere.

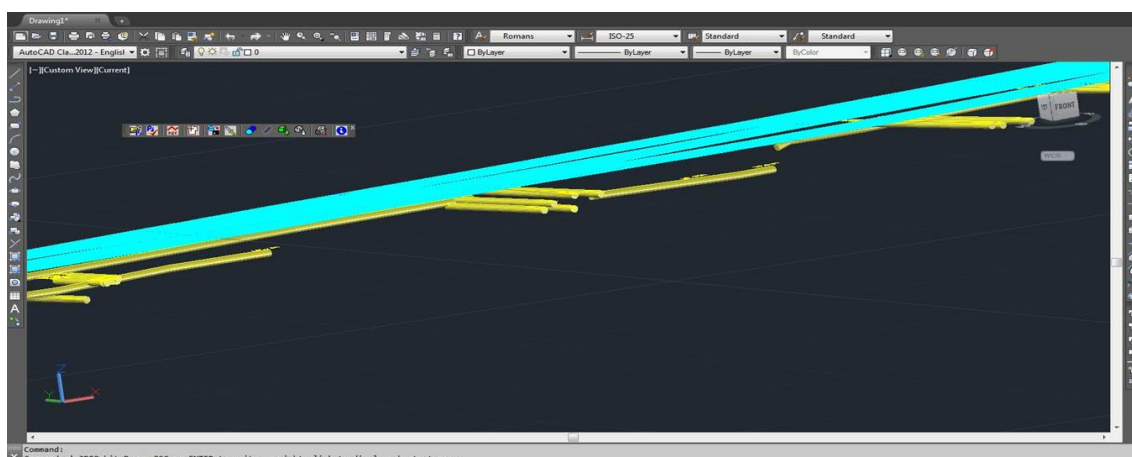


Figur 3.6. CAD tegning af Jægergårdsgade med tilhørende resultater fra skanningen - zoomet ind for detaljer [Per Aarsleff A/S, 2015]. De to parallelle røde streger indikerer, der hvor maskinen med skanningsudstyret har kørt. De gule streger repræsenterer de ledninger og kabler, som maskinen har registreret undervejs, hvor det kan ses, at der forekommer nogle huller mellem stregerne, hvilket betyder at maskinen ikke har kunne registrere ledningerne og kablerne lige der. De resterende farver er tilhørende andet kort materiale.

Resultaterne blev ligeledes lavet i 3D, hvilket er vist på henholdsvis figur 3.7 og figur 3.8, hvor den lyseblå flade viser overfladen af vejen, hvor bilen har kørt, og de gule streger er de registrerede ledninger og kabler.



Figur 3.7. 3D model af resultaterne se oppefra [Per Aarsleff A/S, 2015]. De lyseblå flader repræsenterer jordoverfladen, hvorpå maskinen med skanningsudstyret har kørt. Det er derved muligt at se de registreret ledninger og kabler under, som er tegnet med gul.



Figur 3.8. 3D model af resultaterne set fra siden [Per Aarsleff A/S, 2015]. Det er her muligt at se, at ledningerne og kablerne ligger i forskellige dybder, hvorfor både x-, y- og z-koordinaterne er blevet bestemt under skanningen.

Det kan på de foregående fire figurer tydeligt ses, at der mangler registreringer af ledningerne, hvilket fremgår som huller i ledningsforløbene. Dette tyder derfor på, at ikke alle ledninger og kabler er blevet registreret, og derfor har Aarsleff lavet en sammenholdning af resultaterne og oplysningerne modtaget fra LER.

Præcision af skanningerne

Noget af det som er vigtigst, i forbindelse med at bestemme placeringen af ledningerne, er præcisionen af dem. Det er afgørende, da blot nogle centimeter kan være med til at bestemme, om gravkassen kan være der eller ej. En udfordring med GPR er, at præcisionen

bliver forringet jo dybere en måling der ønskes, hvorfor der ikke vil komme en præcis 3D model som udkast. Dette vil klart besværliggøre planlægningsprocessen.

Aarsleff har lavet en opgørelse over, hvor mange ledninger og kabler skanningen fandt frem til og sammenlignet det med oplysningerne fra LER. Resultaterne er angivet i tabellerne 3.1 og 3.2, og det skal her gøres opmærksom på, at 'Andet' dækker over mindre ledninger og kabler så som tele, fiber osv.

Krydsninger	Indskannet af GPR [stk.]	Iht. LER [stk.]	Hirate [%]	Typisk dybde [m]
Kloak	6	128	4,7	2,0-5,0
Vand	1	79	1,3	0,9-1,0
Fjernvarme	21	40	52,5	0,8-1,5
Andet	12	33	36,4	0,5-1,0
Ukendt af GPR	84			
Samlet hitrate	40	280	14,3	

Tabel 3.1. Resultater fra skanningen på Jægergårdsgade i forhold til krydsende ledninger og kabler [Per Aarsleff A/S, 2015].

Langsgående	Indskannet af GPR [m]	Iht. LER [m]	Hirate [%]	Typisk dybde [m]
Kloak	103	873	11,8	2,0-5,0
Vand	0	750	0,0	0,9-1,0
Fjernvarme	326	1.452	22,5	0,8-1,5
Andet	0	0	0,0	0,5-1,0
Ukendt af GPR	440			
Samlet hitrate	429	3.075	14,0	

Tabel 3.2. Resultater fra skanningen på Jægergårdsgade i forhold til de langsgående ledninger og kabler [Per Aarsleff A/S, 2015].

Der bliver ifølge resultaterne kun fundet omkring 14 % af ledningerne og kablerne, hvilket langt fra giver et billede af den nedgravet infrastruktur. Systemet har lettere ved at finde fjernvarmeledningerne, både krydsende og langsgående, hvilket også giver mening, da de er relativ 'store', ikke ligger alt for dybt og indeholder metal. Den finder dog langt fra alle, hvilket kan være grundet dybden, men det kan også være fordi, der er forekommet en krydsning af en anden ledning henover, eller at der har ligget noget i jorden tæt på, som har generet signalet. Ideelt set burde det sidste ikke være et problem, hvis alle ledningsejere overholdt respektafstanden - både vertikalt og horisontalt.

Der bliver ligeledes fundet mange krydsende ledninger under kategorien 'Andet'. De fleste af dem er placeret indenfor de første 60 centimeter, og er derfor "nemme" at finde med radarpulsene. Vandledninger har været et problem, men dette er til at forudse, da materialet er af plast, og ledningerne sjældent er fyldte, hvorfor der er luft i den resterende del af røret. Kloakledninger ligger rigtig dybt, hvorfor radarpulserne er svagere. Dette er umiddelbart ikke det helt store problem, da kloakledninger nok er de mest veldokumenterede ledninger i Danmark. Derudover er der blevet registreret en masse ukendte ledninger og kabler, som det ikke er til at vide, om det er ledninger registreret i LER, eller om det er de 'forsvundne' ledninger.

Entreprenøren må stole på LER oplysningerne, hvis ledningsejerne ikke vil indgå i en forudgående planlægning og dialog. Arbejdet bliver derved ikke koordineret godt nok. Under et gravearbejde går formanden rundt og afsætter de forskellige ledninger og kablens placering, således håndmændene ved, hvornår de skal passe på, samt hvilken type ledning det er - oplysningerne er selvfølgelig stadig jævnfør LER. En løsning kunne være at bede samtlige ledningsejere om at afsætte deres egne ledninger og kabler, eller ligefrem få dem til at prøvegrave efter dem. Dette kan være dyrt, og derfor er det urealistisk, men ved områder med store problemer, kunne det være en mulighed.

Nogle fiberselskaber tager penge for en påvisning af ledninger, en pris der cirka ligger på 700 kroner i timen per halve påbegyndt time, og hvem skal betale for det? Grunden til at de tager betaling er, at de mener, at deres ledninger er meget præcist indmålt, hvorfor det ikke skulle være et problem at finde dem. Problemet er blot, at de ikke har været så præcist indmålt i Bælum, hvorfor entreprenøren ikke mener, at dette argument holder. Derfor er det et emne, som kan tages op til diskussion, når det kommer til det videre arbejde i byen, da der er syv etaper endnu.

Det er et alment problem at få ledningsejerne til at komme til ledningsejermøderne, hvorfor det nok bliver endnu svære at ændre dette. Der kommer mange sjove undskyldninger, når de bliver spurgt om, hvorfor de ikke er dukket op, men ofte er mailen bare forsvundet i mailboksen. Måske problemet skal løses ved at gøre mødet lovpligtigt, indtil alle ledningerne bliver registreret korrekt efter den nye LER lov. Hvis problemet for ledningsejerne er, at der bliver brugt tid på at møde op fysisk til dette møde, kan deltagelse fremadrettet måske foregå digitalt.

Der ligger nogle klare problemer med hensyn til GPR teknologien, når den anvendes i Danmark. Jorden er alt for leret og indeholder for meget vand, hvilket gør at radarpulserne reflekterer tilbage på det, inden at de f.eks. når ned til ledningerne og kablerne. Denne form for teknologi fungerer bedst i lande med meget sand og uden indhold af vand, så som De Forenede Arabiske Emirater, hvor IDS Corporation også har anvendt selv samme maskine. Her blev alle ledninger og kabler lokaliseret, hvilket kun tydeliggør problematikken med ler og vand.

Det med at skanne jorden er ikke et nyt koncept, men måden det gøres på og resultatet deraf er nyt. Der anvendes tit lokaliseringsværktøjer på arealer, som skal undergå en eller anden form for renovering eller fornyelse. Her er det ligeledes praktisk at vide, hvad der ligger i jorden, for det er aldrig godt at støde på et kæmpe betonfundament eller lignende, der skal fjernes. Det skubber bare tidsplanen og gør projektet dyrere. Teknologien, som normalt anvendes i dag, fungerer ikke helt optimalt, for den har svært ved at finde betonfundamenter, som det der f.eks. blev fundet i Nørreport krydset i Aarhus. Derfor er branchen måske en smule skeptisk, når GPR bliver præsenteret til at kunne endnu mere end tidligere teknologier.

Om teknologien kommer til at kunne bruges i Danmark er svært at forudse, men der er klart muligheder for det. Forsøget fra Per Aarsleff A/S er lavet i år 2015, og med den hastighed som teknologien udvikler sig på, kan det ikke afvises, at der bliver fundet en løsning på den danske jordtype. Selvom der i Danmark allerede er en forholdsvis god registrering af den nedgravede infrastruktur, vil teknologien kunne gavne mange virksomheder. For selvom

den nye LER lov kommer, er det tvivlsomt, at alle ledninger og kabler bliver registreret i systemet. Et godt eksempel herpå er projektet i Bælum, hvor fjernvarmen har smidt de gamle tegninger ud, og de gamle ansatte i virksomheden, dem som ved hvor ledningerne ligger, er gået på pension. Ingen ved derfor, at de gamle ledninger ligger i jorden.

3D modellering 4

I dette kapitel bliver der set på den teknologiske udvikling inden for 3D modellering, herunder en beskrivelse af BIM og VDC samt tilhørende programmer. En del af dette kapitel er blevet udarbejdet i samarbejde med entreprenørvirksomheden Per Aarsleff A/S.

Der bliver anvendt mere og mere 3D konstruering i virksomhederne. Her menes der både rådgivere og entreprenører, hvorfor det er ved at blive et krav, når det kommer til udarbejdelse af udbudsmateriale. Generelt er teknologien i en rivende udvikling, og virksomhederne skal derfor følge godt med, når der kommer nogle nye smarte tiltag inden for branchen. Den løsning IDS Corporation har lavet, som beskrevet i afsnit 3.2.1, er der indbygget en proces, som danner den skannede data om til en model i henholdsvis 2D og 3D. Det er meget fint at kunne købe en samlet pakke, men så længe produktet ikke er et hundrede procent fungerende, skal der kigges på overgangen fra skanning til model. Det er derfor ligeledes vigtigt at have en forståelse for den proces, som tegningsmaterialet gennemgår, fra at være lavet med papir og blyant til at være en stor 3D model, som alle kan få adgang til via fil deling.

4.1 BIM og VDC

BIM (Building Information Modeling) og VDC (Virtual Design and Construction) er lidt to sider af samme mønt, selvom det kommer lidt an på, hvem der bliver spurgt. Nogle eksperter inden for området mener, at der ikke er den store forskel, at konceptet er det samme, hvorfor det kan kaldes både det ene og det andet. Andre eksperter er dog helt uenig, og mener at der er en forskel. I det efterfølgende bliver begge koncepter beskrevet.

Først er det vigtigt at forstå, hvor det er, at de fleste arbejder med hensyn til tegning i programmer. Der anvendes meget et koncept, som hedder CAD, hvilket står for 'Computer Aided Design', og det er en række computerbaseret værktøjer, som kan hjælpe med at udføre designprocessen i et projekt. Der er en del programmer under CAD, hvilket blandt andet er flere versioner af AutoCAD (anvendes til design og tegning af projekter i både 2D og 3D), Revit (en god BIM orienteret løsning til design af konstruktioner), og Infracore (en cloud-baseret BIM software). Programmerne anvendes meget af arkitekter, tekniske tegnere, designere og ingeniører, og de hjælper med at give en mere visuel løsning til projektet.

I dag anvendes der meget forskellige programmer indenfor CAD kategorien, men der kan essentielt blive tegnet en 2D eller 3D model af blandt andet konstruktioner og veje. Programmerne indgår som en del af designprocessen i både BIM og VDC.

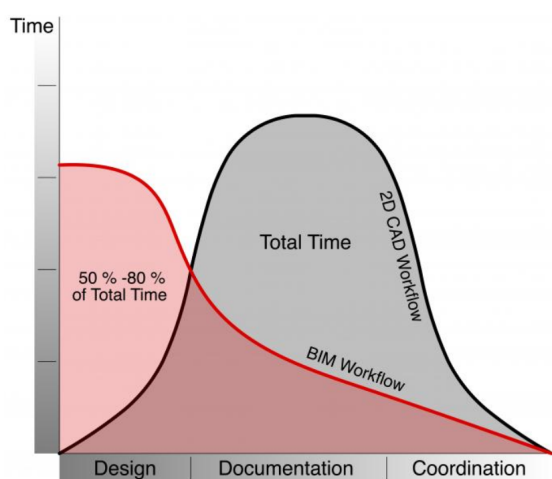
4.1.1 BIM

BIM står for 'Building Information Modeling' og er et engelsk/europæisk koncept, som giver en bedre integreret metode til at digitalisere byggeprocessen. Denne form for modellering kommer til at være omdrejningspunktet i byggeriet, da den er en del af processen fra start til slut - fra idé til aflevering. Der forekommer et tættere samarbejde mellem de forskellige parter i et byggeri. Her tænkes der på arkitekter, rådgivere, entreprenører og den udførende arbejdskraft. I bund og grund er det en mere effektiv måde at planlægge, designe, udføre og styre et projekt på.

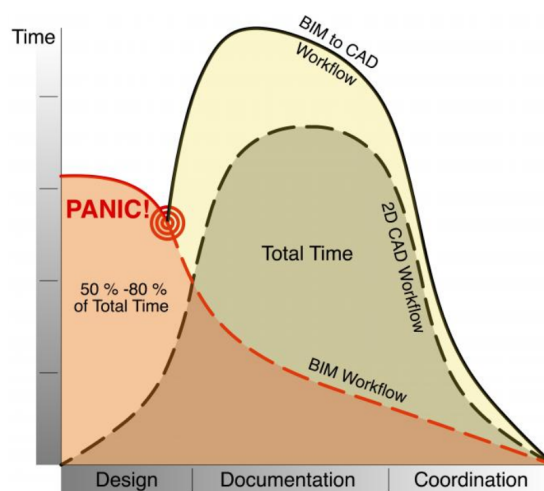
Når der arbejdes med BIM eller CAD deles processen op i mindre faser, hvor der startes med en designfase, hvorefter der kommer en dokumentationsfase og så en koordinationsfase.

- Designfasen er der, hvor arkitekterne designer og tegner det ønskede projekt for bygherre. Når der anvendes CAD, ligner metoderne den traditionelle papir og blyant proces, trods det er lavet i et elektronisk program, så er der anvendt elementer så som linjer, cirkler, tekst osv. Hvorimod der i BIM bliver skabt tegninger ved hjælp af elementer så som murer, vinduer, tage osv.
- Dokumentationsfasen er der, hvor tegninger og modeller bliver vist frem til bygherre, og der bliver foretaget ændringer på designet samt justeret på detaljer. Her er der en stor forskel på, om der anvendes CAD eller BIM. Tegningerne fra CAD laves uafhængigt af hinanden, hvorfor eventuelle ændringer undervejs skal implementeres manuelt på hver tegning. Hvorimod der ved anvendelse af BIM er skabt en central database, hvor hele projektet er lagret, hvorfor en ændring vil blive registreret på modellen og dermed alle de tegninger, som bliver trukket ud.
- Koordinationfasen er der, hvor der skabes en oversigt over koordineringen af projektet mellem de forskellige interessenter. Alt bliver samlet sammen og tilrettelagt, så det er nemt at anvende i det videre forløb.

Der er i det følgende vist forskellen mellem arbejdsprocessen for BIM og for 2D CAD, hvilket er vist simpelt på figur 4.1.



Figur 4.1. BIM workflow vs. 2D CAD workflow [Shoegnome Architects, 2015].

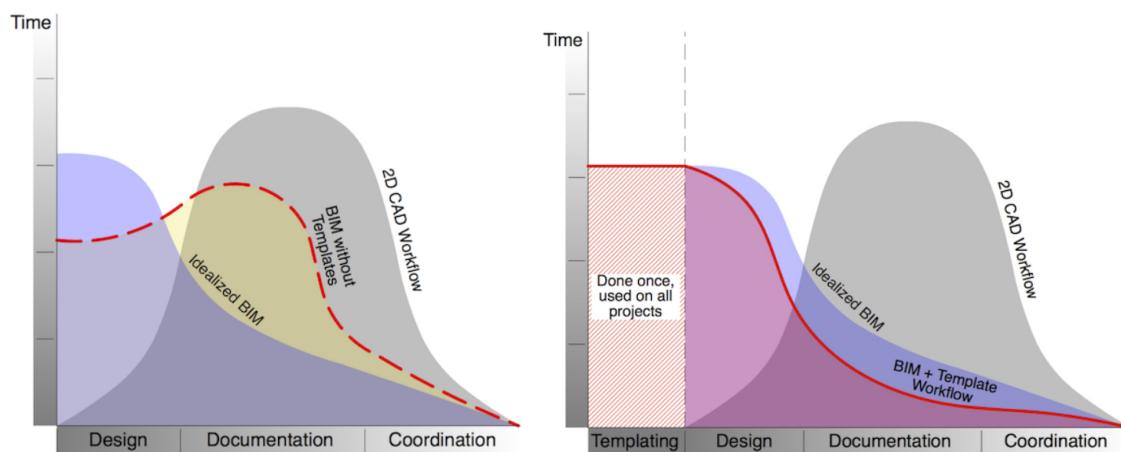


Figur 4.2. Springet fra BIM til CAD [Shoegnome Architects, 2015].

Workflowet indenfor CAD begynder så småt at komme i gang i starten af arbejdsprocessen, hvor BIM er fuld i gang, der er fuld fokus på designfasen, og modellen kommer næsten til at stå færdig inden udgangen af fasen.

Mange virksomheder starter med at indføre BIM i deres projekter, men de finder ofte lidt problemer i starten og føler, at der ligger alt for meget arbejde i det, hvorfor de skifter over til CAD. Dette hjælper desværre ikke på mængden af arbejde, da skiftet blot giver mere at se til, hvilket er illustreret på figur 4.2.

Illustrationen af BIM workflowet, der er vist på de to første figurer, er det mest ideelle, hvilket ikke kan opnåes i første omgang, da det kræver en masse forarbejde. For at kunne starte ud på det niveau, kræver det, at tegneren har anvendt BIM før, samt at der er lavet nogle templates - at lignende projekt er lavet før eller at mange af elementerne går igen. På figur 4.3 er vist forskellen på det ideelle BIM workflow og det BIM workflow, hvor der ikke er nogle templates at starte ud fra. Det kan ses, at ved workflowet uden templates, ligger der et stort arbejde i designfasen, men at der ligeledes ligger et stort arbejde i dokumentationsfasen, da små detaljer hele tiden skal ændres.

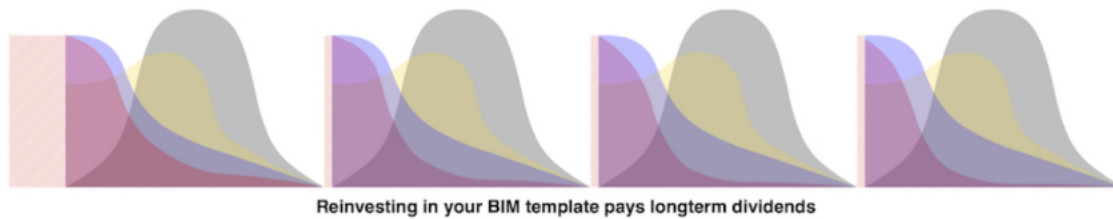


Figur 4.3. Det ideelle BIM og BIM uden templates [Shoegnome Architects, 2015].

Figur 4.4. Mængde af arbejde der ligger i konstruering af templates [Shoegnome Architects, 2015].

Arbejds mængden bliver dog ikke større ved anvendelse af BIM uden templates i forhold til 2D CAD, men den bliver det selvfølgelig i forhold til BIM med templates. Der bliver lagt meget arbejde i at lave templates før selve designfasen påbegyndes, hvilket er vist på figur 4.4. Den arbejds mængde mindskes med tiden, når der er blevet lavet en god database for templates.

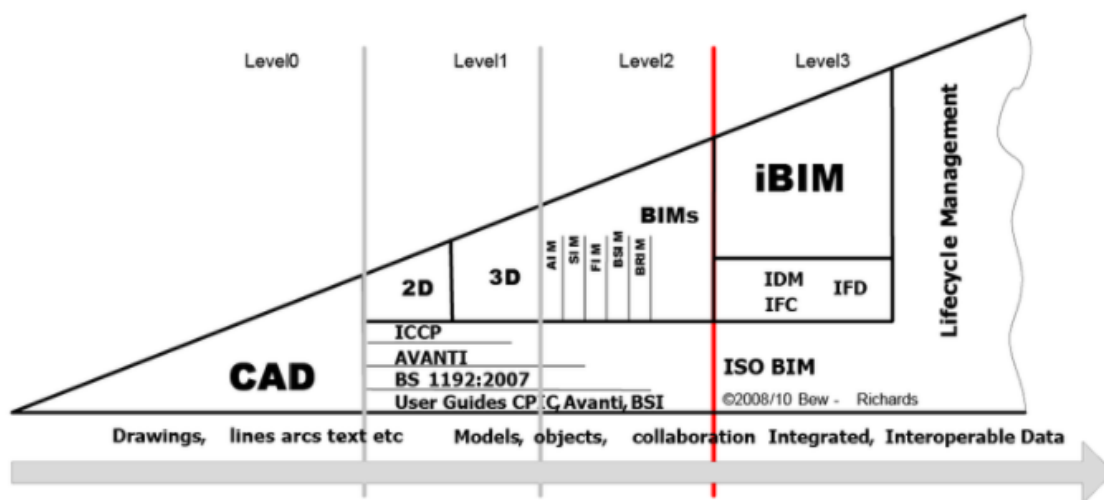
Overordnet er der på figur 4.5 vist, hvordan mængden af arbejde mindskes, når der er udarbejdet nok templates til BIM. Længst til venstre er vist alt det forarbejde, som skal ligger inden projekt start - det lyserøde felt over i det lilla. Det lilla felt bliver mindre, når der ses på figuren fra venstre mod højre - der bliver flere templates at vælge i mellem.



Figur 4.5. Når der investeres tid i at lave templates, vil det betales sig i sidste ende ved at mindske mængden af arbejde fra gang til gang [Shoegnome Architects, 2015].

BIM Maturity Model

Det er muligt at være i forskellige stadier, når det kommer til modellering med BIM, hvilket er illustreret på figur 4.6.



Figur 4.6. BIM Maturity Model af Mark Bew og Mervyn Richards [BIM ThinkSpace, 2015].

Her er vist den britiske 'maturity model' (modenhedsmodel), der også er kendt som iBIM, hvilket hentyder til det højeste niveau, som det er muligt at nå inden for BIM-verdenen. iBIM er en model udviklet af Mark Bew og Mervyn Richards tilbage i 2008, og det er den model, som alle sammenligner sig med, når der snakkes BIM. [BIM ThinkSpace, 2015] I Danmark ligger virksomhederne og tipper mellem level 1 og 2, da mange er ved at integrere BIM, mens andre ikke helt har fået foretaget skiftet.

Modellen har i alt fire forskellige niveauer, hvor niveau 0 og 1 er det stabile, niveau 2 betegnes som stabiliserende, og niveau 3 er endnu mere stabiliserende. Det kan stilles op således: [BIM ThinkSpace, 2015]

- Niveau 0
Der forekommer ikke nogen form for samarbejde, da der tegnes i 2D CAD, og alt materiale der videregives er i papirform og/eller elektroniske udskrifter.
- Niveau 1
Det er en blanding af 2D og 3D CAD, når det kommer til udarbejdelse af materiale. Der kan være en elektronisk dataudveksling, som foregår via en fælles server eller

lignende, men der er ikke nogen form for samarbejde mellem fagområderne - alle laver og beholder deres egen data.

- Niveau 2

Alle fagområder sidder og laver hver deres 3D CAD model, men der samarbejdes ved at dele modellerne imellem, hvorved de kan ligges sammen til en samlet model. Dette kræver derfor, at softwaren, de forskellige bruger, kan generere samme filformat.

- Niveau 3

De forskellige fagområder sidder og arbejder i den samme model samtidig, hvorfor nye ændringer kan ses med det samme. Dette skulle gerne fjerne de sidste muligheder for, at der kan opstå komplikationer mellem modellerne fra de forskellige.

4.1.2 VDC

VDC står for 'Virtual Design and Construction' og er et amerikansk koncept, der i bund og grund minder meget om BIM. Det er et relativt nyt koncept i branchen i forhold til BIM, da BIM har været her i flere årtier, hvorimod VDC først er kommet i det 21. århundrede.

Konceptet går ud på, at der bliver skabt en visualisering af projektet, hvorved det giver et større overblik samt indsigt i byggeriet, før det bliver konstrueret. VDC samler det hele i et, tidsplaner, budgetter og tegninger, således det er nemt at redigere og finde rundt i.

Der bliver sat fokus på de områder, hvor der kan opstå problemer, hvorved det er muligt at komme med flere løsningsforslag, som nemt kan blive visualiseret ved brugen af VDC. Derved får bygherre et bedre overblik over byggeriet og de forskellige løsningsforslag, samt en forståelse for hvad pengene går til, når prisen enten stiger eller falder. VDC er et godt produkt til de større projekter, da det hjælper ingeniørerne med at bevare overblikket, når der forekommer problemer og/eller ændringer undervejs. Der skabes en bedre planlægning og et bedre overblik over prisen, tidsplanen og processen. [Rene Pedersen, 2016]

I dag tager det en rum tid at tegne de forskellige projekter, men med tiden bliver der opbygget en database hos virksomhederne, hvor det vil være muligt at hente eksempler ned. Dette vil give en hurtigere proces, forbedre diverse deadlines, samt det vil skære ned på omkostningerne, da arbejdsbyrden bliver lettere, hvorfor arbejdet med VDC bliver endnu mere attraktivt. Med hensyn til opbygningen af databaser, kaldes det for templates hos BIM, hvilket er beskrevet i kapitlet omhandlende BIM, dette viser en lighed mellem koncepterne.

Der er mange anvendelsesmuligheder med VDC, alt fra design af projektet, til mængdeberegning, til bestemmelse af den rækkefølge som bygningselementer skal monteres, hvorved der f.eks. kan spares tid på kranen, hvilket er lig med penge sparet. Alt dette kan illustreres inden byggeriet påbegyndes, hvorfor alt kan planlægges ned til den mindste detalje. Dette vil lede til en bedre og strammere tidsplan, som har en chance for at blive overholdt, når arbejdet bliver sat i gang.

Det er ligeledes nemmere at finde fejl og mangler allerede i designprocessen, hvorfor disse kan fjernes, og der kan foretages en optimering. Det bliver derved nemmere at komme med en reel tilbudspris, da der ikke bliver lagt en stor risikobuffer oveni. Der bliver ved en tilbudsregning taget højde for en hvis mængde risici, hvorfor det endelige tilbud

bliver væsentligt større, end hvis det havde været muligt at vide præcist, hvordan hele etableringen ville forløbe.

4.1.3 Fremadrettet

Selvom virksomheder ikke er vilde med at skulle bryde deres vanlige metoder, så er VDC og BIM ikke noget, de kan vælge til eller fra, det er en naturlig udvikling af branchen grundet samfundets teknologiske udvikling. Selv ordet 'IT', InformationsTeknologi, har undergået en udvikling, og det er i dag, i hvert fald inden for de tekniske kredse, blevet udvidet til IKT. IKT står for Informations- og KommunikationsTeknologi. Grunden til at udbygge konceptet er, at der er kommet et meget større behov for at have et kommunikationselement til stede, når teknologien er under så stor en udvikling og er så bredt favnende, som den er i dag.

Der kommer flere iPads og tablets på byggepladserne, hvorfor det vil være muligt at gå rundt og se det kommende projekt direkte derpå. Det vil være muligt at pille lag af og på, for at se hvad der er sket, plus om det er gjort rigtigt, samt se de næste processer i det specifikke område. Tegningerne vil blive opdateret løbende, hvorved alle altid vil have den nyeste version liggende, hvorfor nogle konflikter vil løses hurtigere. Der vil være et register, som viser, hvem der har lavet de seneste ændringer, og hvor de er lavet. Udover iPads og tablets vil det være muligt at se projekterne før de bygges ved hjælp af Virtual Reality, hvilket giver et godt indblik i projektet, samt det bliver en smule sjovere at snakke design.

Clash Detection

3D modellering bliver brugt meget til at foretage en 'Clash Detection', hvilket vil sige, at 3D-modellen kan ved indtegnelse af det komplette ledningssystem selv finde frem til eventuelle problemer, som vil forekomme, hvis ledningerne ligger oveni hinanden. Ved at foretage disse undersøgelser i 3D-modellen, findes der problemer, som ikke tidligere ville være fundet, før byggeriet var påbegyndt. Dette giver en kæmpe fordel for bygherre og entreprenør, da der ikke vil forekomme ekstraarbejde ved omlægningen af ledningerne, samt det vil nedsætte stressfaktoren hos byggelederen.

Eksempel på projekter hvor 'Clash Detection' er anvendt:

- Apple i Viborg - Aarsleff
Der blev ved optegnelsen af ledningssystemet i VDC fundet frem til en masse komplikationer, hvor ledningerne lå direkte oveni hinanden. Dette skabte ændringer i materialet, hvorfor tilbudsprisen kunne blive skarpere.
- Bassin ved Egnspanvej i Aalborg - COWI
Der er etableret et forsinkelsesbassin ved Egnspanvej, det ligger inde i midten af et hankeanlæg. Her blev der taget hensyn til hvor dybt autoværn, de store vejvisningstavler osv. stikker i forhold til etablering af skråninger. Ud fra dette kunne bassinet designes optimalt.

4.2 Programmer til 3D modellering

Der kan bruges forskellige programmer til 3D modelleringen af ledningerne og kablerne. Her kigges der på Revit og ReCap. Det er også muligt at bruge et CAD produkt til processen, som det er gjort i forbindelse med skanningen i Aarhus af IDS Corporation.

Begge programmer er gode kandidater til processen, hvorfor der skal vælges det, som brugeren finder nemmest eller kender bedst. Der kan sagtens være et helt andet program, som brugeren hellere vil anvende, hvilket ligeledes er en mulighed. Programmerne er begge under Autodesk fanen, hvilket er en virksomhed, som laver software til forbrugeren. Det er også dem, som står for CAD produkterne. I det følgende er de to programmer kort beskrevet.

4.2.1 Revit

Det er et program, som er udviklet til anvendelse i forbindelse med BIM. Det kan anvendes af de forskellige fagområder, hvilket er arkitekter, bygningsingeniører, byggefagfolk og slutteligt til ventilations-, el- og VVS-teknikere. Det er et umiddelbart nemt program at håndtere, og det fungerer godt til tværfaglige projekter, da de forskellige fagområder kan få adgang til centralt delte modeller, når der arbejdes med større projekter. Dette forbedrer mulighederne for koordinering, hvorfor der forekommer mindre konflikter. [Autodesk, 2017b]

Da det ligger under samme fane som CAD, er det muligt at importere data derfra, hvilket kan være nyttigt i forbindelse med den data, som bliver sendt via LER. Hvis denne data er i 2D, vil Revit kunne anvendes til at omdanne det til 3D, så længe z-koordinaterne kendes. Programmet vil ligeledes kunne håndtere de punktskyer, som vil komme af en skanning, hvorved punkterne skal danne de forskellige objekter - her gerne ledninger.

4.2.2 ReCap

ReCap er en forkortelse for Reality Capture, hvilket hentyder til, at programmet "fanger" realiteten. Dette gør den ved at anvende billeder eller anden form for skannet data, hvorved den skaber en model af materialet. Det er godt til håndtering af punktskyer, som skanninger normalt danner, hvor det er muligt i programmet at ændre på punkterne i skyen. Derudover er det muligt at samle punkterne til objekter, så som ledninger og lignende.

Det er f.eks. muligt at anvende droner til at tage billeder af lokalisationer og byggepladser, hvorved den laver en optagelse af området, som kan lægges ind i programmet. Det er derved muligt at navigere rundt i modellen og se en opdateret 3D model af området. Dette er nyttigt i forhold til inspektion af områderne, hvor der skal foretages en eller anden form for gravearbejde, da der normalt tages en masse billeder, som det er svært at placere på et kort senere, samt chancen for at have et opdateret google billede er lille. Dronernes billeder kan derudover anvendes til mængdeberegning, ved at dronen jævnligt tager billeder af byggepladsen, og derefter trækker billederne/modellerne fra hinanden. Det er derved muligt at se, hvor meget jord som er blevet flyttet fra depotet, samt hvor meget der er kommet til - så længe der er en nogenlunde orden på byggepladsen.

En anden mulighed for anvendelse af programmet er, når der foretages en udbygning af en bygning. Først laves der en laserskanning af bygningen fra alle vinkler, hvorefter alt den data ligges ind i ReCap, som skaber en korrekt model. Derefter er det muligt at foretage et samarbejde med programmet Revit, således udvidelsen af bygningen kan tegnes direkte på modellen, hvorfor der tages hensyn til tekniske installationer osv. [Autodesk, 2017a]

4.3 Data til 3D modellering

Den data, som skal anvendes til at lave en komplet 3D model, kommer fra flere forskellige kilder - så længe der ikke er et fuldfærdigt fungerende produkt på markedet, som kan give en præcis skanning, er det nødvendigt at sammenligne med eksisterende data. Derfor kommer der data fra henholdsvis LER systemet og en skanning.

4.3.1 Data fra LER

Den data der kommer fra LER, er, som skrevet i afsnit 2.1, af varierende kvalitet, hvorfor der vil forekomme nogle uoverensstemmelser i sammenligningen. Dog er det positivt at have data fra LER, da det vil give en placering af kloaksystemet, som ellers er svært for maskinen at nå ved en skanning. Samtidig er det vigtigt at huske på, at den nye LER lov vil gøre, at registret vil blive opdateret betydeligt, og oplysningerne blive væsentligt bedre.

Ved den nye LER lov, vil den fremsendte data med stor sandsynlighed være lavet i 2D, trods noget materiale vil komme i 3D. Hvis det er i 2D, er det vigtigt, at z-koordinaterne ligeledes er angivet, da det ellers ikke er muligt at tegne i 3D, andet end ud fra gisninger og normer inden for dybder af de forskellige ledninger og kabler. Det skal nemlig helst være muligt at kende koterne for hvert knæk på ledningen, for at få en præcis model frem.

4.3.2 Data fra skanning

Når der foretages en skanning, vil dataen blive samlet ind og registreret i en punktsky, herfra bearbejdes den til at kunne skabe henholdsvis 2D og 3D modeller, hvilket muligvis vil ske i et af de nævnte - eller begge - programmer i afsnit 4.2.

Mange programmer kan bearbejde en punktsky, hvor systemet kan genkende eller lokalisere sammenhængen mellem punkterne, hvorfor objekter skabes. Denne proces tager noget tid, og det vil variere fra gang til gang, da det afhænger af mængden af data. Oftest vil processen ikke tage meget mere end en nat, hvorved computeren sættes i gang, når arbejdsdagen slutter, således modellen er klar næste morgen. Der er en mulighed for, at tilgængeligheden til super computerne bliver større, hvorfor tiden vil blive reduceret betydeligt.

Der vil muligvis forekomme fejlregistreringer af objekter, som vil komme med over i programmet, men disse fejl vil kunne fjernes der. Sandsynligheden for at der forekomme fejlregistreringer er små, da det eneste andet - formodentligt - der kan blive registreret er større sten, og disse vil være nemme at frasortere.

4.4 Tidshorizonten ifm. skanning og VDC

Hvor meget tid der anvendes på de forskellige dele af processen, kommer til at variere i forhold til mængden af data fra henholdsvis, tiden det tager at skanne vejene samt tiden det tager at modtage oplysningerne fra LER systemet. Dette forløb kan deles op i to scenarioer, hvor det første er lidt mere tidskrævende end det andet, da det ikke forventes, at maskinen til skanningen kan samarbejde med et program, hvorfor dataen kun kommer i en punktsky.

Scenario 1

- Skanningen kan kun udlevere data i en punktsky.
- 1-2 timer → Tiden det vil tage et par medarbejdere at foretage samlingen og adskillelsen af udstyret.
- 2 timer → Tiden brugt på at foretage selve skanningen.
- 6-7 timer → Det vil tage en lille dags tid at tegne efter de oplysninger, som LER sender fra de forskellige ledningsejere.
- 8-16 timer → Tiden der anvendes af en medarbejder til bearbejdelsen af data modtaget fra skanningen.

Om det kommer til at tage 8 eller 16 timer, at bearbejde den udleveret data fra skanningen kommer an på mængden af data samt sorteringsgraden. Det er noget en computer vil have mulighed for at gøre natten over, så længe der ikke forekommer afbrydelser. Det gøres om natten, da mængden af data er så stor, at computeren ikke kan lave andet i mellemtiden. Metoden er noget, som f.eks. bruges i forbindelse med billeder taget af droner, hvilket der blev forklaret lidt om i afsnit 4.2.2. Her sammenholder den dataen fra billederne med data fra diverse højdekort og/eller tidligere data fra samme lokalisation, hvorved det vil være muligt for programmet at analysere ændringerne i området samt mængden af flyttet jord.

Scenario 2

- Skanningen kan samarbejde med et program, og dermed udlevere en 3D model.
- 1-2 timer → Tiden det vil tage et par medarbejdere at foretage samlingen og adskillelsen af udstyret.
- 2 timer → Tiden brugt på at foretage selve skanningen.
- 6-7 timer → Det vil tage en lille dags tid at tegne efter de oplysninger, som LER sender fra de forskellige ledningsejere.
- 8 timer → Der skal anvendes en medarbejder til bearbejdelse af data fra skanningen og sammenlægge det med LER data. Computeren vil derefter stå natten over og arbejde, fra kl. 16 til kl. 8.

Scenarierne løber op i minimum 18 timer og maksimum 27 timer, hvor en medarbejder skal have løn. Der skal være en eller flere personer til at hjælpe med skanningen, hvorfor der bliver lagt mere løn oven i den post. Ideelt set, så vil en skanning give et fuldstændigt billede af den nedgravet infrastruktur, hvorfor tiden kun vil variere i størrelsen/længden af vejen, da det kommer til at påvirke mængden af data, som skal behandles i løbet af natten - måske dagen, hvis mængden er stor. Derfor vil tiden brugt på at indtegne LER dataen kunne trækkes fra i det totale, samt tiden brugt på at ligge skanningsresultaterne sammen med LER, da skanningen er komplet.

4.5 Analyse

Det er helt essentielt at følge med i den teknologiske udvikling, da den ellers vil overhale en og kun efterlade støvet. Det er derfor vigtigt, at folk bliver uddannet og konstant opdateret inden for de specifikke områder, som de nu beskæftiger sig inden for. Inden for anlægs- og byggebranchen skal folk lære mere om 3D modellering, da det er vejen frem for branchen. Det vil optimere og effektivisere processerne, hvorfor det vil give en konkurrence fordel, specielt når der kigges globalt. Der er ligeledes mange udenlandske aktører i branchen, som i øjeblikket vinder store projekter i Danmark, hvorfor de danske virksomheder godt kunne bruge 3D modelleringsprocessen til at forberede deres tilbud.

Det vil komme til at koste en del penge for virksomhederne at omlægge systemerne og købe licenser til programmerne, og selvom teknologien vil komme til at tilbagebetale sig, så er det en store investering i første omgang. Dette kan skabe problemer for de mindre virksomheder, da en del af deres medarbejdere ligeledes skal på kursus for at kunne anvende teknologien, men for at holde sig inde i varmen og vinde projekter, er det en nødvendighed. For arkitekterne og rådgiverne vil det hjælpe med at sælge idéerne overfor bygherre, samt kunne holde dem opdateret på processen. De vil kunne se effekten af alternative foreslag, og have en bedre mulighed for at forstå eventuelle ændringer, som kan være nødvendige for den udførende part og entreprenøren.

Det er muligt at arbejde flere personer på den samme model, når der anvendes BIM eller VDC, hvorfor opdateringer kan foretages hurtigt, og strømlining af modellen kan ske med det samme. Problemet er bare, hvor mange gange og hvor ofte opdateres modellen? Og hvilken en skal følges? For det dur ikke, hvis den bare opdateres i tide og utide, for så er det ikke til at planlægge arbejdet på pladsen. Der skal udarbejdes en proces for, hvordan opdateringer kan og skal foregå. Løsningen her er måske, at modellen maksimalt må opdateres en gang om ugen, og at der fastsættes en dag samt et tidspunkt for det. Dertil kan der oprettes en datalog, som holder styr på, hvilke ændringer der er foretaget, samt hvem der har lavet dem. På denne måde kan entreprenøren hurtigt finde de små ændringer og skal ikke sidde og lede efter dem i forhold til den sidst udleveret model. Derudover vil det være muligt at kontakte personen, som har lavet ændringen, direkte, hvis der skulle forekomme spørgsmål. Ellers skal modellen først udleveres til entreprenøren, når den er betegnet som helt færdig, hvorefter det kun er entreprenøren, som må foretage ændringer, hvis der skulle opstå problemer. Dette kan f.eks. være ændring af koter på en brønd eller flytning af en ledning, hvis forholdene viser sig ikke at være som forventet.

Under alle omstændigheder er det forudset, hvad udviklingen vil blive inden for teknologien, eller i hvert fald inden for BIM området, hvilket kan ses på 'BIM Maturity Model'. Dette kan hjælpe virksomhederne med at forstå, hvor hele udviklingen er på vej hen, samt skabe en forståelse for, hvorfor det er en god idé at være med fra starten. Hele processen bliver også forbedret, når der er blevet arbejdet nok med koncepterne BIM og VDC, for så er det er muligt at have en række templates liggende, hvorfor der vil komme en tids- og økonomisk besparelse på processen.

I dag skal der startes med at blive skabt et tillidsbånd mellem rådgiver og entreprenør, da der ofte bliver udført dobbelt arbejde. Rådgiverne laver oftest alt deres arbejde i 3D modeller, specielt da dette sælger godt over for bygherre, samt de godt ved, at det er

vejen frem inden for branchen. Problemet er dog, at rådgiverne ikke vil videregive 3D modellerne til entreprenørerne, da de ikke vil stå inde for præcisionen og eventuelle fejl og mangler, hvorfor der bliver fremsendt 2D tegninger - helst på PDF form. Derfor skal entreprenørerne selv til at tegne 3D modellerne, hvis disse skal anvendes i arbejdet. Dette er en bekostelig affære, som der kan skæres betydeligt ned på ved at samarbejde. Når det bliver muligt at nå niveau 3 i BIM Maturity Model, vil dette lette processen væsentligt. Og som det er konstateret tidligere, så kan 3D modellerne føres ind i maskinerne, hvilket kan øge produktionen og dermed mindske tiden brugt på arbejdet, hvilket vil spare penge i den sidste ende.

En ting, der desværre kan sætte hele skanningsprocessen og 3D modellerne på en prøve, er, at lige så flotte og præcise som 3D modellerne kan blive efter en skanning, lige så lidt hjælper det, hvis entreprenøren ikke afleverer præcise oplysninger omkring lægningen af de nye ledninger og kabler. Modellerne kommer derfor ikke til at passe igen, hvorfor der alligevel skal laves helt nye skanninger næste gang, samt bygherre har problemer med at finde deres ledninger og kabler i nødstilfælde. Det er et krav i dag, at entreprenøren opdaterer tegningerne ved ændringer, hvorfor dette er et punkt, der skal sættes mere fokus på. Selvfølgelig kan ledninger og kabler sjældent lægges med millimeters præcision, men det skal helst være så tæt på som muligt. Når ledningerne bliver lagt, skal der blot tænkes over, om de millimeters forskel bliver lagt til den ene eller anden side. Specielt når afstanden mellem ledningerne har en betydning for, om gravekassen kan være der eller ej.

Den nye LER lov ligger op til, at det bliver nemmere at foretage samgravninger, hvilket vil være praktisk i forhold til placeringen af gravekasserne ved en ny udgravning, da ledningerne og kablerne ikke vil være spredt ud over hele vejen. Det vil derudover være en økonomisk fordel for ledningsejerne, da reetableringen kan splittes op i mellem dem, samt der kan nøjes med en enkelt entreprenør.

I dette kapitel bliver der undersøgt det økonomiske aspekt i forhold til standsning af arbejder, og i forhold til forberedelse af arbejdet med hensyn til skanning og VDC. De to aspekter sættes slutteligt op imod hinanden. Priserne anvendt i kapitlet er eksklusiv moms, men priserne for løn er inklusiv alle sociale ydelser.

Det er altid vigtigt at undersøge det økonomiske aspekt, for når alt kommer til alt, så ender tingene med at handle om penge. Hvis bygherre ikke har penge til at lave projekter, vil arkitekterne og rådgiverne ikke kunne designe og projektere dem, og entreprenøren vil ikke kunne udføre dem. På den anden side, hvis hverken arkitekten, rådgiveren eller entreprenøren tjener penge på projekterne, vil de ikke lave dem. Det skal derfor være profitable projekter, for at få alle deltagere med om bord. Dette gælder også i forhold til investering i nye teknologier,

5.1 Omkostninger ifm. standsning af arbejdet

I afsnit 3.1 blev der beskrevet, hvor lang tid der er blevet brugt på standsninger af arbejdet, grundet blandt andet vejr- og jordforhold, grundvandstanden i området, samt mængden og placeringen af ledninger og kabler i jorden. Fakta for kloaksepareringen på vejstrækningen Rolighedsvej i Bælum er angivet i afsnit 3.1, hvoraf lidt er listet op her:

- Der er brugt fem uger på at forny 137 meter kloakledninger, og betonfylde de resterende 22 meter.
- Den estimeret arbejdstid var på fire uger.
- Arbejdet gik i stå fire gange.
- Der blev cirka brugt fire-fem timer per standsning.

Alt dette ender op i, at der blev anvendt minimum 16 timer og maksimum 20 timer på standsning af arbejdet. Disse timer er ikke den totale mængde af tid, som der er blevet brugt på problemer på vejstrækningen, men det er ikke muligt at angive, hvor meget tid der er blevet brugt på 'små ting'. Med dette menes der, omlægning af ledninger i forbindelse med placeringen af gravekasser, langsgående rør som ligger for tæt på gravekasserne og mangel af korrekt materiel i forhold til de nye rør. Alle de 'små ting' kan hurtigt løbe op i meget tid, men der kigges i dette tilfælde udelukkende på de 'store' standsninger, da de 'små' altid vil opstå på projekterne, så længe der ikke er en komplet og troværdig ledningsplan. Når de 'store' standsninger er fjernet, skal mulighederne for at minimere de 'små' undersøges, for at få en mere gnidningsfri arbejdsproces.

Der var på pladsen to gravemaskiner med tilhørende maskinfører, en traktor med vogn og tilhørende maskinfører, to håndmænd og en formand. De skal alle have løn under

standsningerne, imens der bliver fundet en løsning på problemerne. En standsning koster altid entreprenøren penge, da der ikke er andre, som dækker denne omkostning. Der er i det følgende blevet lavet et overslag over omkostningerne vedrørende de standsninger af arbejdet, som har været til stede under arbejdet på Rolighedsvej i Bælum. Overslaget er lavet i samarbejde med Per Aarsleff A/S [2015], og da der både er et minimum og maksimum antal timer, er tallene stillet op i tabel 5.1 således:

	Antal [stk.]	Kr./time [-]	Min. tid [timer]	Min. omk. [kr.]	Maks. tid [timer]	Maks. omk. [kr.]
Gravemaskine	2	540	16	17.280	20	21.600
Traktor m. vogn	1	500	16	8.000	20	10.000
Håndmand	2	265	16	8.480	20	10.600
Formand	1	435	16	6.960	20	8.700
Total				40.720		50.900

Tabel 5.1. Gravemaskinerne og traktoren med vogn er inklusiv maskinfører. Tallene er bestemt i samarbejde med Per Aarsleff A/S [2015].

Som det kan læses i tabel 5.1, vil omkostningerne ligge mellem 41.000-51.000 kroner, hvilket er for 4 standsninger, hvorfor én standsning vil svare til cirka 16.625 kroner - middelværdien af omkostningerne delt med fire. Der er blevet separeret 137 meter kloak, hvilket vil cirka svare til en standsning per 34. meter.

Der skal ikke kun tænkes på den 'kontante' økonomi i dette tilfælde, for der har ligeledes været nogle omkostninger for beboerne, som er i området. Når der bliver gravet en ledning over, vil det påvirke en eller flere beboere. Undervejs blev der flere gange ramt vand- og fjernvarmeledninger, hvorfor beboerne i korte perioder var uden vand og varme, disse ledninger blev dog hurtigt lappet sammen igen. Derudover blev der gravet fiberkabler over, hvorfor de berørte beboere var uden fjernsyn og internet i flere dage, da fiberselskaberne ikke var hurtige til at komme og reparere dem igen. Dette gav nogle daglige gener for beboerne, hvorfor det er vigtigt, at der bliver passet på alle ledninger og kabler.

5.2 Omkostninger ifm. forberedelse ved skanning og VDC

Der er en omkostning i forbindelse med at få lavet skanningen af IDS Corporation, samt en for at få medarbejdere til at hjælpe med skanningen og det efterfølgende arbejde. Under selve skanningen vil vejen være spærret, og eventuelle parkeret biler vil være fjernet, hvorfor der ikke vil være nogen forhindringer.

5.2.1 Skanning

IDS Corporations del af skanningsprocessen i Aarhus kostede 8.000 euro [Per Aarsleff A/S, 2015], hvilket svare til cirka 60.000 kroner. Dermed er de kommet med udstyret, det er blevet samlet, vejene er blevet skannet, udstyret er blevet pakket sammen, og resultaterne er blevet omdannet til henholdsvis 2D og 3D modeller. Undervejs hjælper medarbejdere fra IDS Corporation til, således der ikke forekommer fejl. Pengene bliver derfor udbetalt til IDS Corporation, henholdsvis for leje af udstyr, samt udførelse af arbejdet.

5.2.2 VDC

Udover det arbejde som virksomheden IDS Corporation udfører, så er der stadig nogle flere omkostninger, for den virksomhed som hyrer dem ind. Dette er i forhold til assistance fra egne medarbejdere under skanningen, bearbejdning af udleveret data, samt bearbejdning af data fra LER. Det blev i afsnit 4.4 konstateret, at der vil blive brugt minimum 18 timer og maksimum 27 timer til forberedelse af projekter ved anvendelse af GPR skanning. De medarbejdere, som typisk bliver sat på disse former for opgaver, er enten landmåler, VDC-koordinator eller anden med teknisk indsigt i 3D modellering. Ligeledes skal der en ekstra kollega med, når maskinen skal samles, hvormed der er to personer, som skal lønnes de første 1-2 timer. Derefter er det kun den ene person, som skal til at tegne og lave alt det efterfølgende arbejde, der kommer efter skanningen, hvilket vil svare til minimum 16 timer og maksimum 25 timer. En time pris på ingeniører er cirka 435 kroner, hvorfor omkostningerne vil komme til at være som følgende:

	Antal pers. [stk.]	Kr./time [-]	Min. tid [timer]	Min. omk. [kr.]	Maks. tid [timer]	Maks. omk. [kr.]
Skanningen	2	435	2	1.740	2	1.740
Eftf. arbejde	1	435	16	6.960	25	10.875
Total				8.700		12.615

Tabel 5.2. Tallene er bestemt i samarbejde med Per Aarsleff A/S [2015].

Som det kan læses i tabel 5.2, vil omkostningerne ligge mellem 9.000-13.000 kroner, hvilket blot er løn til medarbejderne.

5.2.3 Totale omkostninger

De totale omkostninger for en skanning løber op i cirka 69.000-73.000 kroner, hvilket er skanningen foretaget af IDS Corporation, og det efterfølgende arbejde foretaget af virksomheden. Tiderne kan komme til at svinge lidt, hvorfor prisen ligeledes vil komme til det. Dette vil blandt andet komme til at afhænge af længden af vejen, hvor Jægergårdsgade er 790 meter lang, og Hørretvej er 300 meter lang. Derudover skal der tages hensyn til placeringen af vejene i landet i forhold til virksomhedens udgangspunkt - der hvor medarbejderne kører fra. For hvis virksomheden hører til i Aarhus og arbejder på en vej i Vestjylland, er der en del kørsel at tage hensyn til. Hvilket giver flere omkostninger.

Når vejene spærres i forbindelse med skanningen, skal det helst være til minimum gene for samfundet, da nogle veje er mere trafikeret end andre. Hvorfor en spærring af en travl gade i morgen- og eftermiddagstrafikken, ikke vil være det smarte valg. Det vil selvfølgelig være en mulighed at foretage skanningen om aftenen/natten, hvor trafikken er lavere, men dette kan ende med at hæve lønningerne til arbejdet, hvorfor det nok løber lige op.

5.3 Analyse

Der bliver foretaget en sammeligning af omkostningerne i forbindelse med forberedelse ved skanning og VDC, afsnit 5.2, og omkostningerne i forbindelse med standsning af arbejdet løbende, afsnit 5.1. Sat kort op, bliver omkostningerne således:

Standsnings	→	41.000-51.000 kroner
Skanning og VDC	→	69.000-73.000 kroner

Det burde derfor være rimelig simpelt at sige, at det er billigere at stole på LER systemet og tage tingene, som de kommer, hvorved intet derfor skulle ændre sig. Eksemplet, anvendt i forbindelse med beregning af omkostningerne for en standsning, er blot et muligt udfald. Det kunne være gået meget bedre, hvorfor en skanning vil have været alt for dyrt, men det kunne ligeledes være gået meget værre, hvorved omkostningerne var blevet væsentligt større. Der er dog nogle faktorer, som lige skal vendes, hvilket er:

- Længden af vejen
- Chancen for nul standsninger
- Forskel mellem by og land

Vejene er tilsammen 1.090 meter lange, hvilket vil sige med en chance for standsning per 34. meter á 16.625 kroner, kommer gaden til at have det følgende antal standsninger:

$$\frac{\text{Længden af vejene}}{\text{Standsnings per 34. meter}} = \frac{1.090 \text{ meter}}{34 \text{ meter}} = 32 \text{ standsninger}$$

Derved bliver den samlede pris for standsninger på Jægergårdsgade og Hørretvej:

$$\begin{aligned} \text{Antal standsninger} \cdot \text{Prisen per standsning} &= \\ 32 \text{ standsninger} \cdot 16.625 \text{ kroner} &= 532.000 \text{ kroner} \end{aligned}$$

Dette er væsentligt mere end omkostningerne for Rolighedsvej, hvorfor det vil være meget billigere at foretage skanningen. Det der så skal tages hensyn til er, at selvom der bliver forberedt en masse gennem skanningen, så vil der ske uheld. Derfor vil ledninger blive beskadiget, og der vil komme nogle standsninger. Derfor kan der godt regnes med, at der vil forekomme en ekstra omkostning med hensyn til standsninger, hvorfor omkostningerne for en skanning vil stige. Dog vil den ikke stige så meget, at den kommer til at overstige de forventede omkostninger for standsninger, hvis de forekommer per 34. meter. Dette er også, som skrevet tidligere, blot et muligt udfald for omkostningerne på et anlægsprojekt. For det hele afhænger ligeledes af de folk, som arbejder på projekterne. For nogle er gode til at beskytte ledningerne, og tjekker ofte op på tegningerne, hvorimod andre tager det lidt, som det kommer. Der er også forskel på, om der graves i byen eller på landet, da der vil være en forskel i mængden af ledninger og kabler i jorden. Jo flere der er, desto tættere ligger de højst sandsynligt. Der er oftest flere udbydere i byerne, hvorfor der er flere ledninger og kabler.

Vendes der tilbage tilbage til de første tal præsenteret i afsnittet, er det muligt at bestemme omkostningen per meter, hvorved billedet af den dyreste løsning ligeledes ændres:

Standsnings	→	41.000-51.000 kroner	→	297-372 kroner per meter
Skanning og VDC	→	69.000-73.000 kroner	→	63-67 kroner per meter

Rolighedsvej er 137 meter lang, hvor de to andre veje tilsammen er 1.090 meter lange. Det gør, at der er en væsentlig forskel i omkostningen per meter. Derfor kan det ikke betale sig

at tage chancen, når det kommer til en vej med en længde på 1.090 meter, men det kan det godt, når vejen er 137 meter. Vejen skal have en hvis længde, før det kan svare sig at leje materiel til skanningen. Længden er bestemt i følgende beregning:

$$\frac{\text{Lejet materiel} + \text{totale minimum omkostninger (skanning)}}{\text{minimum omkostninger per meter (standsning)}}$$

Det lejede materiel koster 60.000 kroner, og den totale minimum omkostning for skanningen kan aflæses i tabel 5.2 til 8.700 kroner. Minimum omkostningen per meter for standsningen kommer af at tage de 41.000 kroner og dele med længden af vejen, 137 meter, hvorfor det bliver 297 kroner per meter. Derfor bliver det:

$$\frac{60.000 \text{ kroner} + 8.700 \text{ kroner}}{297 \frac{\text{kroner}}{\text{meter}}} = 231 \text{ meter}$$

Det kan derfor ikke betale sig at anvende skanningsmetoden, før vejen er over 231 meter lang, da standsningerne indtil da godt kan økonomisk forsvares.

Hvis nu der konsekvent foretages skanninger på alle veje i Danmark, og oplysningerne bliver lagt op som en del af LER, vil der blive skabt en stærk database. Problemet er selvfølgelig, hvem skal betale for alt dette. I dag er det staten, som står for LER, hvorfor det kunne tænkes, at det var i deres interesse at forbedre databasen. Det er dog den enkelte ledningsejer, som har pligt til at opdatere og vedligeholde deres tegninger og kortmateriale. Ledningsejerne vil højst sandsynlig ikke indgå i et samarbejde, da deres penge kommer fra borgerne.

Det kunne til gengæld godt forestilles, at entreprenørerne udførte skanningerne løbende, hvorefter de sendte materialet ind til LER. Derved vil alle veje løbende blive opdateret. Der ligger så et problem med at udlevere materiale til konkurrenterne, som vil ske, hvis det bliver lagt op i LER, hvorfor ingen af entreprenørvirksomhederne vil anvende teknologien. Derudover bliver de dyrere i tilbudsfasen i forhold til dem, som ikke har midlerne til at investere og anvende teknologien. Derfor er det så ikke engang sikkert, at de store virksomheder vil investere i den. Derfor vil det være bedst, hvis bygherre påtager sig denne udgift, og entreprenørerne fortsat bedømmes på de samme kriterier.

Det er dog her muligt for de store entreprenørvirksomheder at få en fordel, da de har flere penge til at investere i teknologien, hvorfor de mindre skal leje sig frem til den. Og der vil forekomme en forskel i prisen i forhold til, om det materielle er lejet eksternt eller internt, hvilket vil give de store entreprenørvirksomheder en fordel i tilbudsfasen. Fremadrettet vil oplysningerne være offentligt tilgængeligt, hvorfor denne udgift kan fjernes. Dette kræver dog, at 3D modellen holdes opdateret, samt at de nye ledninger og kabler ligges ind korrekt i forhold til, hvordan de er blevet lagt af entreprenøren, og ikke blot efter tegningerne udleveret under projektet.

Konklusion 6

Der er kommet en større opmærksomhed på, at informationerne inden for den nedgravet infrastruktur ikke er af en god nok kvalitet, samt at der forekommer mangler på tegningsmaterialet i form af ikke registrerede ledninger og kabler. Dette prøver regeringen at råde bod på ved den nye fællesoffentlige digitaliseringsstrategi 2016-2020, som skal forbedre LER funktionaliteten, strømline data og forbedre kort kvaliteten. En stor udfordring er de døde ledninger - dem som er blevet efterladt i jorden ved lægning af nye, samt at ikke alle ledningsejere har styr på ledningerne. Hvilket skaber problemer for entreprenøren. Det tilføjer ekstra omkostninger i forhold til gravearbejdet, da der bruges tid på at identificer de døde ledninger. Derudover bruges der yderligere tid på at lede efter ledninger, som ikke ligger som vist på tegningerne. Det ses der et eksempel på i forbindelse med separatkloakeringen i byen Bælum, hvor der blev brugt en ekstra uge, svarende til 20 % mere tid, på blot en enkelt vej, Rolighedsvej. Her var der yderligere 18 krydsende ledninger end de ti angivet i LER, hvilket skabte tidskrævene problemer, som ledte til fire 'store' standsninger.

I stedet for at håbe på at alle ledningsejere finder deres gamle ledninger og kabler og får tilføjet de manglende optegnelser til LER, kan entreprenøren anvende en anden metode, nemlig at søge efter dem med Ground-Penetrating Radar. Løsningen er ikke helt funktionsdygtig endnu, hvilket kan ses i eksemplet fra Per Aarsleff A/S, hvor kun cirka 14 % af ledningerne og kablerne blev fundet. En del af problemerne ligger i jordforholdene i Danmark, hvor skanningen har svært ved at trænge igennem ler og vand. Dog er teknologien under en rivende udvikling, hvorfor det kan formodes, at den er forbedret væsentligt inden for det næste årti.

En ting som i hvert fald er i stor fremdrift og er indbygget i flere virksomheders strategi, er, 3D modellering og hermed muligheden for deling af data på servere. Her har de forskellige faggrupper adgang til alt data, hvorfor papirtegninger og filer på PDF form er på vej ud. Udleveringen af papirtegninger og PDF filer er en proces, som kun forlænger og besværliggøre arbejdet - samt koster penge. Selvom det er smart at bruge tegningerne digitalt på pladserne, skal der laves nogle regler på området. For det er nu muligt at rette i tegningerne hele tiden, således de mindste detaljer passer. Det gør det dog svært at planlægge arbejdet fremadrettet, hvorfor der skal aftales, hvis og hvornår der foretages rettelser.

Det er muligt at få samlet hele arbejdsprocessen i enten BIM eller VDC, fra selve designprocessen, gennem byggeprocessen, til sikring af kvaliteten, hvor der er integreret tidsplaner og budgetter, derved kan der spares en masse tid undervejs og efter på dokumenteringsdelen. Nu skal virksomhederne i Danmark "bare" i gang med at anvende

disse koncepter mere, således der kommer et endnu bedre og nemmere samarbejde i anlægs- og byggebranchen. Dette vil komme samfundet og borgerne til gode, da der f.eks. vil forekomme færre afbrydelser af internet forbindelser. For det er vigtigt, at anlægs- og byggebranchen lærer at samarbejde gennem de forskellige digitale værktøjer, da det vil hjælpe med at højne både produktiviteten og kvaliteten.

Der kommer en masse flotte og brugbare 3D modeller frem ved disse processer, men her er det vigtigt, at de forbliver brugbare. Når modellerne er lavet inden arbejdet, er de helt præcise, hvorefter der lægges nye ledninger og kabler, eller der foretages andre former for ændringer i jorden, som har en påvirkning på modellen. Derfor er det yderst vigtigt at vedligeholde modellerne med de aktuelle gravearbejder, således den kan bruges fremadrettet, ellers udhules værdien af den. Fastholdes de gode modeller, vil det være muligt at skabe en stærk LER database, hvilket vil hjælpe meget på gravearbejdets effektivitet og kvalitet fremadrettet.

Der er en del omkostninger forbundet med at gå i stå undervejs i et projekt, hvor tidsplanen er lagt stramt, men det er der ligeledes i forbindelse med at forberede sig via skanninger. En skanning af vejen er dyr, det vil koste 63-67 kroner per meter, hvilket kun er en del af forberedelsen, derefter kommer de resterende udgifter. Ses en skanning i forhold til at tage chancen med LER, så kan det først økonomisk betale sig, når vejstrækningen er over 231 meter. Det skal dog pointeres, at beregningerne er lavet ud fra eksempler, hvorfor tallene kan ændre sig fra gang til gang. En anden ting er at investere i de værktøjer, som skal anvendes på længere sigt i forhold til 3D modellering. Det er dyrt at købe nyt udstyr og opkvalificere sine medarbejdere, men det er en nødvendighed for at holde sig opdateret i branchen.

Faggrupperne skal bryde med deres traditioner og acceptere, at fremtiden byder på en større teknologisk anvendelse, som alle forventes at have en indsigt i. Det er langt fra alle teknologierne, som er nye, hvorfor Danmark har nogle ting, der skal indhentes i forhold til andre lande. Hvis det hele lykkedes, skulle der gerne komme et langt bedre resultat i sidste ende. Et godt kvalitetssikret projekt, som overholder både tidsplanen og budgettet.

Der er ikke konkret fundet en holdbar metode til lokalisering af de 'forsvundne' ledninger og kabler i jorden, men processen er igangsat, og da teknologien er under en rivende udvikling, er løsningen måske ikke langt væk.

Fremadrettet 7

Teknologien er under en rivende udvikling, og der er ingen tendens på, at hastigheden vil blive sat ned foreløbigt. Hvis virksomhederne skal forholde sig konkurrencedygtige, gælder det om at følge med i det nye hele tiden.

Selvom om teknologien til at foretage skanninger er her i dag, Ground-Penetrating Radar, så er den ikke skarp nok. Specielt ikke når det kommer til anvendelse i Danmark, med den leret jordtype og vandet i jorden, som har en alt for stor negativ påvirkning på resultatet af skanningerne. Det fungerer fint i byer som Dubai, hvor jordbunden hovedsageligt består af sand. Derfor er det slet ikke sikkert, at der vil komme en udvikling af software, der kan håndtere leret og vandet. Derfor skal der kigges på andre teknologier, som ikke er påvirket af disse faktorer.

Det er muligt at foretage skanninger inden for andre brancher, så som den medicinske verden. Her kan de forskellige typer af maskiner vise placeringen af diverse skader i 2D eller 3D format. Disse højteknologiske maskiner har ikke problemer med faktorer så som vand - da de f.eks. kan monitorere væskesamlinger i den menneskelige hjerne. Derfor burde viden herfra anvendes til at fremme teknologien inden for skanning af veje. Princippet for en skanning i den medicinske verden er dog, at der forekommer en modtagerplade på den anden side, hvor strålerne reflekteres fra. Dette er ikke umiddelbart muligt at gøre med GPR på en vej. For at videreudvikle teknologien for GPR, skal der inddrages allerede kendte teknologier, så som det beskrevet fra den medicinske verden.

Der bruges ligeledes skanninger i forbindelse med renovering af havne, her fokuseres der på revner i spunsen og sand aflejringer på havbunden. Det er muligt at anvende både med ekkolod, som derved kan skabe 3D modeller, samt foretage en mængdeberegning af sand aflejringerne. Dette er en teknologi, som fungerer godt med vand, så det er måske ligeledes en mulighed i jord.

Om teknologien allerede er kendt, og om den kommer fra den medicinske verden, under vandet, et helt tredje sted eller en kombination af disse, det er ikke til at vide. Det burde blot være muligt at finde en holdbar løsning med baggrund i de resultater og informationer, som der eksisterer nu.

Det er vigtigt at overveje det økonomiske aspekt, for selvom det bliver muligt at foretage skanninger og bestemme placeringen af den nedgravet infrastruktur, så er det ikke sikkert, at det kan betale sig i forhold til at tage chancen med gravemaskinerne. For hvis teknologien er alt for dyr, vil der sandsynligvis kun være få virksomheder, som kunne være interesseret i at investere. Derudover er der en risiko for, at den nuværende kendte teknologi kan miste sin værdi, da investeringen i dag vil være billigere i morgen, fordi den teknologiske udvikling

flytter sig så hurtigt. Så måske er teknologien der, men den er bare for dyr at anvende på veje. Derfor må det antages, at en hel del virksomheder ikke vil være de første til at teste den, men at de vil være afventende på, at andre foretager lignende investeringer, samt at der opbygges en større erfaring med brugen af GPR. Det der kan tvinge investeringer igennem, er, hvis lovgivningen går ind og kræver anvendelsen af skanningerne. Derudover kunne der muligvis være en fordel for virksomhederne, hvis de gik sammen om at teste det - at der bliver foretaget en joint venture. Derved vil der komme gang i markedet, da der vil blive investeret i udvikling af teknologien.

Der vel ikke andet for end at vente. Vente på at nogen udvikler teknologien, at nogen får den ned i pris, og så håbe på, at det kan ske allerede i løbet af den nærmeste fremtid. Ellers bliver det måske først om 20 år, det er ikke til at vide. Indtil da må de forskellige faggrupper lærer at samarbejde og hjælpe hinanden mest muligt, både for at sikre hinanden en bedre profitabilitet, men også for mindske omkostningerne for samfundet, da de vil blive generet af forlængelsen af bygge- og anlægsprojekterne.

Litteratur

- Autodesk, 2017a.** Autodesk. *ReCap*, 2017. URL <https://www.autodesk.com/products/recap/overview>. Besøgt: 30-12-2017.
- Autodesk, 2017b.** Autodesk. *Revit*, 2017. URL <https://www.autodesk.dk/products/revit-family/overview>. Besøgt: 30-12-2017.
- BIM ThinkSpace, 2015.** BIM ThinkSpace. *Episode 22: The Wedge and the S-Curve*, 2015. URL <http://www.bimthinkspace.com/bim-maturity/>. Besøgt: 30-12-2017.
- Dansk Standard, 2012.** Dansk Standard. *DS 475: Norm for etablering af ledningsanlæg i jorden*. 2. udgave. Dansk Standard, 2012.
- Digitaliseringsstyrelsen, 2017a.** Digitaliseringsstyrelsen. *Den fællesoffentlige digitaliseringsstrategi 2016-2020*, 2017. URL <https://www.digst.dk/Strategier/Strategi-2016-2020>. Besøgt: 20-11-2017.
- Digitaliseringsstyrelsen, 2017b.** Digitaliseringsstyrelsen. *Initiativerne i digitaliseringsstrategien 2016-2020*, 2017. URL <https://www.digst.dk/Strategier/Initiativer>. Besøgt: 20-11-2017.
- Eniro, 2018.** Eniro. *Krak*, 2018. URL <https://map.krak.dk/>. Besøgt: 05-01-2018.
- Folketinget, 2017.** Folketinget. *L 37 Forslag til lov om ændring af lov om registrering af ledningsejere*, 2017. URL <http://ft.dk/samling/20171/lovforslag/L37/index.htm>. Besøgt: 21-11-2017.
- Global GPR, 2017.** Global GPR. *How GPR works*, 2017. URL <http://www.global-gpr.com/ground-penetrating-radar.html>. Besøgt: 13-12-2017.
- Horton, 2017.** Horton. *Ny højesteretsdom om gæsteprincippet*, 2017. URL <http://www.horten.dk/Nyhedsliste/2017/Februar/Ny-hoejesteretsdom-om-gaestepincippet>. Besøgt: 22-11-2017.
- IDS, Ingegneria Dei Sistemi, 2017a.** IDS, Ingegneria Dei Sistemi. *High tech integrated engineering solutions and services*, 2017. URL <https://www.idscorporation.com/>. Besøgt: 11-12-2017.
- IDS, Ingegneria Dei Sistemi, 2017b.** IDS, Ingegneria Dei Sistemi. *Vehicle mounted IED detection and classification*, 2017. URL <https://www.idscorporation.com/pf/minerva/>. Besøgt: 12-12-2017.
- Per Aarsleff A/S, 2015.** Per Aarsleff A/S. *Skanning af ledninger i vejen*. Materiale udleveret på mail, 2015.

- Rene Pedersen, 2016.** Rene Pedersen. *VDC skaber overblik over byggepladsen*, 2016. URL <https://universe.ida.dk/artikel/vdc-kan-skabe-overblik-over-byggepladsen-33880/>. Besøgt: 30-12-2017.
- Shoegnome Architects, 2015.** Shoegnome Architects. *Why BIM is Still Bankrupting Your Firm*, 2015. URL <http://www.shoegnome.com/2015/12/09/bim-still-bankrupting-firm/>. Besøgt: 27-12-2017.
- Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, 2017a.** Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. *LER - Ledningsejerregistret*, 2017. URL <https://ler.dk/>. Besøgt: 17-11-2017.
- Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, 2017b.** Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. *Ledningsejerregistret*, 2017. URL <http://sdfe.dk/hent-data/ledningsejerregister/>. Besøgt: 17-11-2017.
- Teknologisk Institut, 2017.** Teknologisk Institut. *Undersøgelsesmetoder - 3 Ledningslokalisering*, 2017. URL <https://www.teknologisk.dk/undersogelsesmetoder/3-ledningslokalisering/20887,4>. Besøgt: 12-12-2017.
- Vejdirektoratet, 2015.** Vejdirektoratet. *Vejledning til Vejloven*, 2015. URL <http://www.vejdirektoratet.dk/DA/vejsektor/vejregler-og-tilladelser/SoegIVejloven/Documents/Vejledninger/Gravearbejder%20og%20ledninger%20-%20print.pdf>. Besøgt: 22-11-2017.