

Nye teknologier til forebyggelse af graveskader - Anvendelse af Reality Capture og Augmented Reality

Lasse Hedegaard Hansen¹ | Simon Swanström Wyke² | Torbjørn Mandahl Pedersen³ | Erik Kjems⁴

^{1,2,4} Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg University

³ LE34

Keywords: Reality Capture, Augmented Reality, Punktskyer, Ledninger, LER, grave skader.

Abstract

Unøjagtig og manglende ledningsdokumentation er hovedårsagen til graveskader i Danmark. En ledningsovergraving er oftest en dyr og tidskrævende affære, og derfor tilstræber både ledningsejere og graveaktører, så vidt muligt at undgå det.

De nye tiltag med LER 2.0 er et skridt i retning mod at skabe sammenhængende ledningsdata til at give et bedre overblik og dermed færre graveskader, men anvendelse af nye teknologier kan forebygge graveskader endnu mere.

Denne artikel præsenterer erfaringer med anvendelse af 3D-punktsky teknologi (Reality Capture) til registrering af anlægshuller og dokumentation af ledninger under gravearbejdet. Ved et senere gravearbejde vil punktskyerne kunne visualiseres med Augmented Reality til dannelse af et virkelighedstro overblik i både planlægningen og udførelsen af arbejdet. Målet er at synliggøre værdien af konceptet til ledningsejere og graveaktører i forsyningsbranchen.

1 | Indledning

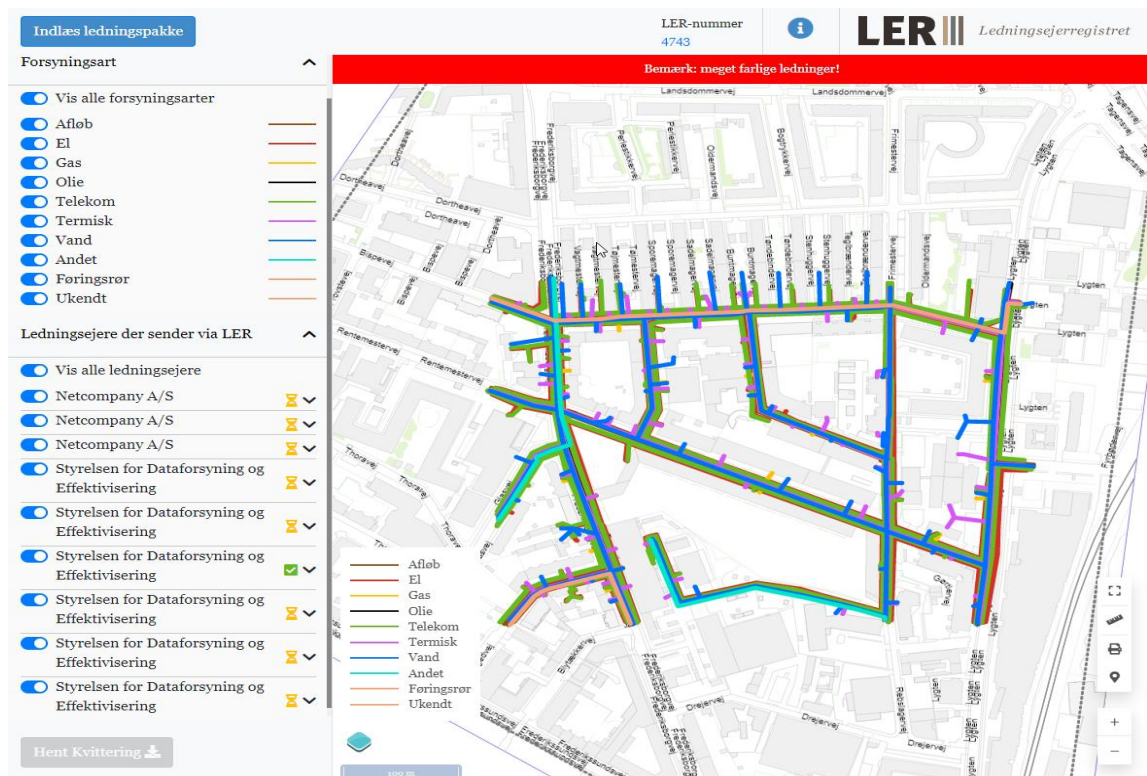
Graveskader i Danmark koster samfundet omkring 280 mio. kr. om året (KEFM, 2019). Ministeriet for Klima, Energi og Forsyning har derfor konkluderet, at det godt kan betale sig at have styr på placeringen af nedgravede ledninger og anden infrastruktur. Deres budskab er klart beskrevet: "Jo bedre ledningskortene er, jo færre graveskader" (KEFM, 2019). Ministeriet er ikke alene i den antagelse. Ifølge et amerikansk studie (Al-Bayati & Panzer, 2019), hvor 477 graveaktører deltog i en spørgeskemaundersøgelse, var den mest hyppige årsag til graveskader mangel på dybdeinformation i dokumentationen af ledninger. Den næsthyppest årsag var, at placeringen af de afmærkede ledninger var unøjagtige eller i nogle tilfælde helt manglende som følge af blandt andet ringe dokumentation.

Forfatterne af denne artikel er også enige i, at der er behov for bedre ledningskort for at undgå graveskader, men ikke blot mere nøjagtige ledningskort. Nye teknologiske muligheder baner vejen for innovative løsninger, som vi mener er et supplement til den eksisterende form for dokumentation, udveksling og visualisering af ledningsdata og andet nedgravet infrastruktur. Det indebærer anvendelsen af Reality Capture og Augmented Reality samt nye principper for dataudveksling blandt ledningsejere og graveaktører.

1.1. LER 2.0 - Et godt fundament, men ikke nødvendigvis bedre ledningsdata

Siden 2005 har en graveaktør skulle foretage en graveforespørgsel igennem ledningsejerregistret (LER) før gravearbejde. LER formidler derefter kontakten til de berørte ledningsejere, som tilsender ledningsdokumentation til graveaktøren. Formidling af ledningsinformation igennem LER er i dag en velkendt procedure, som på mange måder har gjort det nemmere at indsamle systematisk information, men det har dog langt fra været et perfekt system. Et tilbagevendende problem for graveaktører i den danske byggeindustri er mangel på sammenhængende ledningsdata modtaget fra ledningsejere. I først version af LER, som stadigvæk anvendes til en stor del af ledningsarbejdet, har der ikke været særlig høje krav til dokumentation, hvilket betyder, at graveaktører modtager PDF-tegninger over ledningers placering, nogle gange suppleret med GIS og CAD-filer. PDF-tegninger leveres med mange forskellige baggrundskort, og ledningerne kan fremstå som alt fra skitse-mæssige arbejdstegninger til et moderne digitalt udtryk.

Med et mål om at forbedre LER har Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (SDFE) fra januar 2020 påbegyndt implementeringen af det nye LER 2.0, som har til formål at standardisere den ledningsinformation graveaktørerne får tilsendt. Efter medio 2023 er det et krav for ledningsejerne at udlevere ledningsdata i GML, som skal følge en fælles LER datamodel. Krav til metadata for de enkelte ledningstyper er også påkrævet, såsom registreringstidspunktet for indmålingen af ledningen. I forbindelse med udviklingen og implementeringen af LER 2.0 er der blevet udviklet en web-baseret kortviser, som vist i figur 1. Denne kortviser kan indlæse LER 2.0 ledningsdatapakker og give graveaktører nem adgang til at vise ledningsdata i et sammenhængende og ensartet udtryk. Dette er et konkret eksempel på, hvordan anvendelse af digitale værktøjer kan forbedre dataudvekslingen imellem ledningsejerne og graveaktørerne.



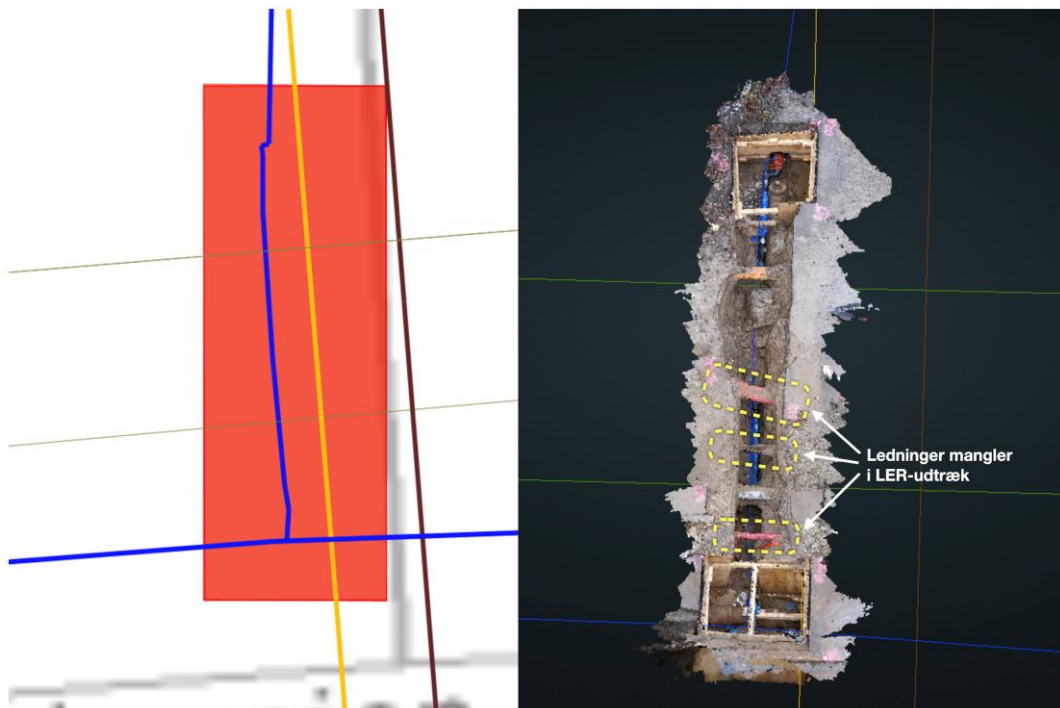
Figur 1: Skærbillede fra LER-kortviser med en demo datapakke indlæst (<https://kortviser.ler.dk/>)

Vi mener, at LER 2.0 er et skridt i den rigtige retning, men det løser ikke hovedårsagerne til graveskader - nemlig unøjagtige og ufuldstændige ledningsdata. Ledninger, som er anlagt for mange år siden og blev registreret mangelfuldt, bliver ikke mere nøjagtige af at blive digitaliseret, hvis udgangspunktet er unøjagtig eller ufuldstændig dokumentation på papir. Yderligere mangler højdeinformation på store dele af ledningsnettet i de eksisterende ledningsarkiver- og databaser, hvor vejledende læggedybder i stedet må udgøre en erstatning for de reelle koter på ledningerne. Samtidig er det rimeligt at antage, at det ikke er alle eksisterende ledninger, der er repræsenteret i ledningsejernes databaser og dermed i det LER udtræk, som graveaktøren modtager.

Det fulde potentiale af LER 2.0 vil ikke opnås, før alle ledninger er omlagte og/eller nyindmålte med bedre og mere nøjagtige registreringer. Der vil således gå rigtig mange år før alle ledninger er indmålt med et ensartet kvalitetsniveau, som sikrer troværdigheden af ledningsdata, og gør den anvendelig for både ledningsejerne og graveaktørerne. LER 2.0 bidrager således med et godt og struktureret fundament for dataudveksling og sikrer en vis ensartethed af de registrerede ledningsdata, men der mangler tiltag, der specifikt fokuserer på forebyggelse af graveskader.

2 | Bedre dokumentation, udveksling og visualisering af nedgravet infrastruktur

Novafos har i de sidste 2 år dokumenteret deres anlægshuller med SmartSurvey™ fra LE34, der ud fra videooptagelser med en mobiltelefon og brug af fotogrammetri (Reality Capture) danner en 3D-punktsky, som de bruger som ekstra ledningsdokumentation (Eiris, 2019). Figur 2 (højre) viser en 3D-punktsky af ét af Novafos anlægshuller.



Figur 2: Ledningskort der viser ledningsdata hentet fra LER (venstre) kontra 3D-punktsky af et anlægshul i samme lokalitet (højre), der viser de aktuelle ledninger og dermed manglende ledningsregistreringer

Novafos har som nogle af de første i Danmark, dokumenteret over 3.000 anlægshuller som 3D-punktskyer. Det betyder, at de for dele af deres forsyningsområde har et detaljeret øjebliksbillede af ikke kun egne ledninger men store dele af hele den nedgravede infrastruktur. Det giver dem en

unik dokumentation og en langt bedre forståelse for ledningernes placering end et ledningsudtræk alene fra LER kan gøre. Figur 2 illustrerer et LER udtræk sidestillet med en 3D punktsky fra samme lokalitet. I figuren ses det tydeligt, at ledningsdataene fra LER-udtrækket er ufuldstændige, idet 3 ledninger ikke er blevet korrekt indberettet i LER - eller måske er helt manglende?

Vi mener, at Reality Capture kan føre til en bedre ledningsdokumentation ved automatisk registrering af ledninger med høj nøjagtighed og koter inkluderet, hvis det anvendes hver gang ledningsarbejde pågår. Derudover vil man ved registreringen af anlægshuller også registrere andre ledningstyper. Som vist i figur 2 (højre billede) kan mange forskellige typer ledninger findes i samme anlægshul. Anden type nedgravet infrastruktur, som eks. LAR-anlæg og støbte konstruktioner, vil også automatisk blive dokumenteret ved anvendelse af Reality Capture. LAR-anlæg og beton er elementer som ofte kan være en hindring under gravearbejdet, og som i dag er en type af nedgravet infrastruktur, som ikke skal - eller kan - udleveres i henhold til LER 2.0 datamodellen. I branchen er især LAR-anlæg på ønskelisten over aktiver, der kan blive registreret i LER som en separat ledningsart (Pedersen, 2019). Anvendelsen af Reality Capture vil således ikke blot kunne give et mere virkelighedstro dataudtræk, men også inkludere data om anden nedgravet infrastruktur, som på nuværende tidspunkt ikke er eller kan registreres.

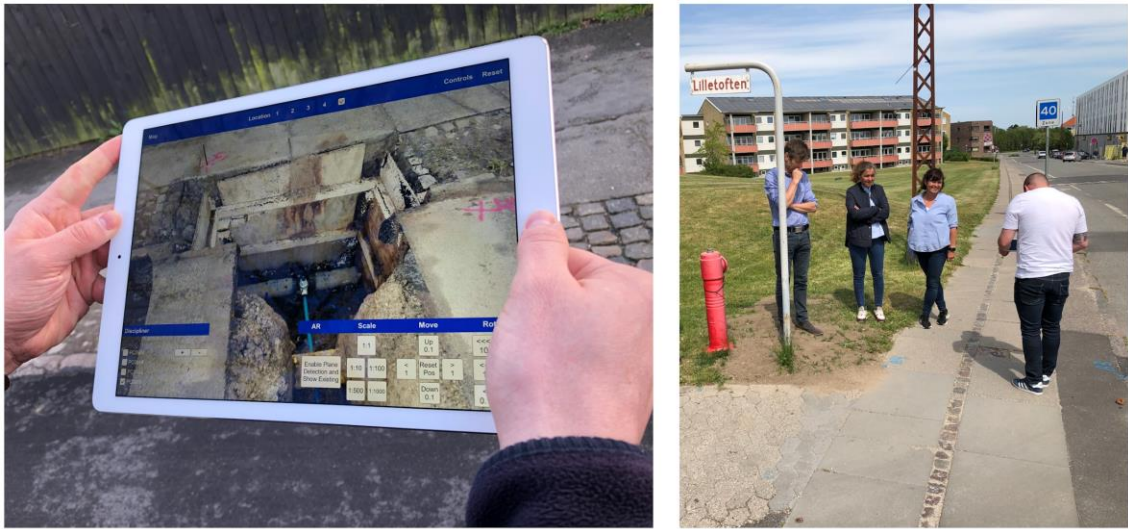
2.1. Fra ledningskort til virkelighedstro visualisering i marken med Augmented Reality

Registrering af 3D-punktskyer vha. Reality Capture er for Novafos stadigvæk en ny procedure, og de mener selv, at de endnu ikke har opnået den fulde nytteværdi af denne nye form for dokumentation. Eksempelvis håber de at kunne anvende 3D-punktskyerne i planlægningsarbejdet af nye ledningsanlæg på samme strækning, hvor de har foretaget registreringer ved tidligere gravearbejde. Her forventer de også at kunne effektivisere anlægsarbejdet, da 3D-punktskyerne vil medføre et bedre overblik generelt (Eiris, 2019).

Augmented Reality (AR) er en visualiseringsteknologi, som før er blevet anvendt til at visualisere traditionelle GIS ledningsdata i kontekst til virkeligheden, som eksempelvis med en Trimble SiteVision AR løsning, men ikke mange erfaringer er gjort med at visualisere 3D-punktskyer af anlægshuller (Hansen m.fl., 2020). For at vise anvendeligheden af AR til visualisering af registrerede punktskyer, blev dette demonstreret på en konkret lokation overfor Novafos og LE34. En håndfuld medarbejdere fra Novafos og LE34 var til stede og fik muligheden for til at opleve en egenudvikling af en AR prototype hands-on (Hansen m.fl., 2020). Af figur 3 fremgår hvorledes ledningsinformation i marken vises på en virkelighedstro måde ved anvendelse af AR. Målet med at udvikling af denne prototype er at kunne give et bedre overblik over forsyningsledninger under især planlægningen af nye ledningsanlæg. Novafos' medarbejdere var overbeviste om, at AR prototypen var et anvendeligt værktøj og så gode muligheder for anvendelsen i marken. En del af den positive respons blandt interviewpersonerne under demonstrationen skyldtes netop den virkelighedstro visualisering. Det gav en reel fornemmelse af at se ned igennem vejoverfladen. Noget som de anså som værende brugbart i planlægningen af gravearbejde.

Konklusionen var, at AR ikke bare er en gimmick, men potentielt kan udgøre en vigtig del i at forebygge graveskader ved at visualisere nøjagtig ledningsinformation i marken. Vi mener, at AR er del af den samlede løsning, sammen med Reality Capture, til at forebygge graveskader. Næste skridt er at fremvise løsningen for graveaktøren, da denne del ikke tidligere er blevet undersøgt. Håbet er, at graveaktørerne ligeledes er positive overfor den nye type registrering og ikke mindst visualiseringen med AR og kan se en praktisk anvendelse af den i deres gravearbejde. Det forventes dog, at

brugergrænsefladen på sigt skal simplificeres og gøres anvendelig i vanskelige arbejds- og vejrforhold.



Figur 3: AR prototype, der viser en virkelighedstro visualisering af ledningsinformationen (venstre) og deltager af fra demonstration, som afprøver prototypen (højre)

3 | Fremtidsperspektiver og fælles dataudveksling

Udveksling af ledningsdata mellem ledningsejere og graveaktører er ikke nyt og LER blev i sin tid etableret for netop at fremme denne dataudveksling og for at forebygge graveskader. Vores løsning er ikke en erstatning af LER, men en præsentation af anvendelsen af nye teknologier til at fremme bedre dokumentation, udveksling og visning af ledningsdata. LER 2.0 er et skridt på vejen til bedre dokumentation, udveksling og visning af ledningsdata men vores underjordiske infrastruktur er mere kompleks end 2D linjesegmenter. Vi mener, at Reality Capture og Augmented Reality kan bidrage med en bedre visualisering af ledningsdata og de komplekse forhold man forefinder i gravehullerne, og således supplere de allerede eksisterende ledningsdata i LER overfor ledningsejere og graveaktører. Reality Capture og Augmented Reality viser data, men indeholder ikke de nødvendige metadata som LER 2.0 besidder. Derfor skal de to ses som supplement til hinanden, snarere end konkurrerende løsninger, måske implementeret som et tillægsmodul i LER 2.0 - LER 3D - hvor man ved en graveforespørgsel også får tilsendt de nyeste registrerede anlægshuller indenfor det forespurte polygonområde.

På nuværende tidspunkt kan det ikke konkluderes om den præsenterede løsning med Reality Capture og Augmented Reality vil være praktisk anvendelig hos graveaktører i marken. Derfor bør fremtidig forskning og udvikling af løsningen inkludere fokus på netop graveaktører og anvendelse af Augmented Reality teknologi i marken.

4 | Referencer

- Hansen, L. H., Wyke, S. C. S., & Kjems, E. (2020). Combining Reality Capture and Augmented Reality to visualise underground utilities and prevent damage in the field. Proceedings 37th ISMAR, Kitakyshu, Japan. https://www.iaarc.org/publications/fulltext/ISARC_2020_Paper_274.pdf
- Eiris, M. B. (2019). Videoindmåling - en ny teknologi til dokumentation af arkiver, Geoforum, Volume 207. P. 12-13

https://issuu.com/geoforum5/docs/geoforum_207_issue

Pedersen, T. M. (2019). Indtryk fra GeoForums LER-arrangement, Geoforum, Volume 209. P. 2.

https://issuu.com/geoforum5/docs/geoforum_209

Klima, Energi og Forsyningsministeriet (2019). Udveksling af data om nedgravet infrastruktur, KEFM, Available at <https://kefm.dk/data-og-kort/udveksling-af-data-om-nedgravet-infrastruktur/> [accessed 6 November 2020]

Ahmed Jalil Al-Bayati & Louis Panzer (2019). Reducing Damage to Underground Utilities: Lessons Learned from Damage Data and Excavators in North Carolina. *Journal of Construction Engineering and Management*, Volume 145 (12).