

UVEDBA TEHNOLOGIJE MEŠANE RESNIČNOSTI V PROCESIH UPRAVLJANJA S SREDSTVI IN PROJEKTI V DRUŽBI ELES

Jošt Osolin, dr. Mitja Antončič, Miha Bečan, ELES, d. o. o.

Izvleček

Uporabna vrednost virtualne (VR) in obogatene resničnosti (AR) je vedno bolj prepoznana in izkoriščana v različnih industrijskih segmentih, tudi v elektroenergetiki. V družbi ELES je Diagnostično-analitski center (DAC) v sklopu projekta DigiELES prikazal uporabnost in v družbo uvedel obe tehnologiji za podporo digitalizacije obstoječih procesov družbe. Zajem 3D geometrije razdelilnih transformatorskih postaj družbe je bil izveden z LiDAR tehnologijo v obliki georeferenciranega oblaka točk. Na podlagi sprejetih pravil so bili iz oblaka točk izdelani 3D modeli opreme ter postaj. Modele se prikazuje v virtualnem okolju v obliki digitalnih dvojčkov. S pomočjo simulacije in različnih scenarijev je prikazano delovanje postaj. Tak pristop uporabnikom VR okolja omogoča »navidezni« vstop v in upravljanje z elementi postaje brez tveganja negativnih posledic v realnem svetu. Povezava s tehničnim informacijskim sistemom omogoča prikaz ključnih podatkov opazovanih sredstev.

Razvito okolje prek uvedbe namenskih scenarijev omogoča tudi usposabljanje osebja. Izdelani 3D modeli so neposredno uporabni tudi za obogateno resničnost, ki združuje realni in virtualni svet. Ta je primarno namenjen terenskim delavcem, ki lahko znotraj AR okolja pridobijo aktualne podatke o vseh elementih oziroma napravah v postajah, s čimer je podprt in nadgrajen delovni proces. Prek tega je omogočena tudi oddaljena komunikacija z operaterjem v pisarni. Z enostavnim vpisom izvedenih opravil in ugotovitev je olajšan tudi zajem podatkov na terenu, kar izboljša celotno verigo procesa upravljanja s sredstvi.

Ključne besede: virtualna resničnost, obogatena resničnost, digitalni dvojček, upravljanje s sredstvi, digitalizacija procesov.

IMPLEMENTATION OF MIXED REALITY IN ASSET AND PROJECT MANAGEMENT PROCESSES IN ELES

Abstract

Utilization of virtual (VR) and augmented reality (AR) is increasingly being recognized and exploited in the electric power industry. As part of the DigiELES project, the Diagnostic and Analysis Centre (DAC) at ELES has demonstrated the use cases and introduced both to support the digitisation of the company's existing processes. The 3D geometry of the substations was captured using LiDAR technology in the form of a geo-referenced point clouds, which were subsequently converted into 3D models. The models are displayed in a virtual environment as digital twins. Through simulations and various scenarios, the stations' operation is demonstrated. This approach allows users of the VR environment to "virtually" enter and operate the stations without any potentially negative consequences on the real world. Linking the model to the technical information system allows the user to display the

relevant data of the installed assets. Furthermore, the environment, through the development of dedicated scenarios, also facilitates training. The created 3D models are also directly applicable to augmented reality, which combines the real and virtual worlds. This is intended primarily for field workers, who can access up-to-date information on all elements or devices in the field within the AR environment, thus supporting and enhancing the workflow. It also allows remote communication with the operator. The simplified input of completed tasks and findings also facilitates the capture of field data, allowing for a better asset management process.

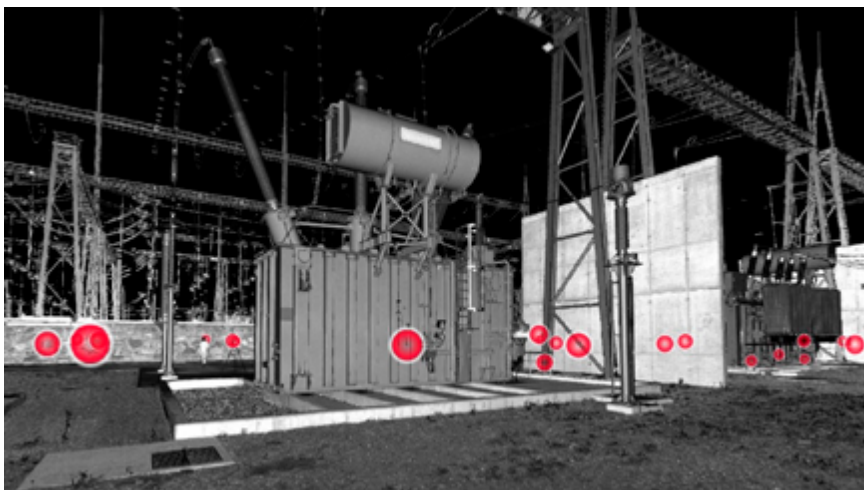
Keywords: virtual reality, augmented reality, digital twin, asset management, process digitalization.

1 UVOD

Z razvojem elektroenergetskega omrežja in pripadajoče infrastrukture se razvijajo tudi sistemi upravljanja s sredstvi v omrežju. Poleg uveljavljenih postopkov za nadzor in spremljanje sredstev v družbi ELES (*ELES, operater kombiniranega prenosnega in distribucijskega elektroenergetskega omrežja*, 2024) vse večjo pozornost namenjamo tudi naprednim tehnologijam in iščemo njihovo dodano vrednost za družbo. Pri tem igra ključno vlogo vseobsežna digitalizacija, ki poleg primarnega cilja poenostavitve procesov tudi bistveno razširja nabor enostavno dostopnih podatkov, s katerimi je nadalje mogoče dodatno podpreti obstoječe procese in hkrati vpeljati nove. Glavni cilj zapisanega procesa digitalizacije je optimizacija izrabe sredstev, delovanja sistema in družbe kot celote. Med te rešitve oziroma procese spada tudi projekt uporabe večrazsežnostnih modelov naprav v povezavi s tehnologijami napredne resničnosti, s katerimi je Diagnostično-analitski center družbe ELES (*Diagnostično Analitski Center ELES*, 2019) v projektu DigiELES (*Projekt DigiELES*, 2022) prikazal uporabnost navidezne in obogatene resničnosti za podporo upravljanja s sredstvi v stikališčih. Prispevek opisuje proces uvedbe omenjenih tehnologij v družbo in predstavlja njihove možnosti praktične uporabe.

2 PROCES RAZVOJA DIGITALNEGA OKOLJA

Pretvorba obstoječih razdelilnih transformatorskih postaj družbe ELES v digitalno okolje je zahtevala kompleksen in natančen proces zajema. Vhodni podatki izbranih obstoječih postaj so bili zajeti z napredno LiDAR tehnologijo za lasersko skeniranje. Vzporedno so se izvedle tudi geodetske meritve postavljenih tarč z namenom nadaljnjega georeferenciranja oblaka točk. Pri obdelavi skeniranih posnetkov in



Slika 1: Prikaz oblaka točk obstoječe postaje iz enega izmed stojšč. (Vir: Projekt DigiELES, 2022)

zajetih meritev so bili pridobljeni podatki o rotaciji in poziciji zajetih objektov ter izločene slabe ali nepotrebne točke za kasnejše razvite modele. Zaradi velikosti in hitrosti procesiranja je bil oblak točk razdeljen na manjše odseke oziroma območja. Tovrstna tehnologija je bila izbrana predvsem zaradi enake natančnosti tudi pri velikih stikališčih, saj večje število pozicij in izbrane metodologije zajema omogočajo visoko kvaliteto podatkov in nižjo možnost končnih napak. Povečana kvaliteta oziroma natančnost posnetkov fizičnih postaj je na drugi strani sicer doprinesla k velikosti zajetih podatkov, vendar so ti omogočili bolj podroben prikaz modelov in ustreznejšo pripravo podatkov za VR okolje. Na sliki 1 je prikazan eden izmed skeniranih oblakov točk, ki prikazuje zajeto fizično postajo. Kljub temu da še ne gre za izdelan model postaje in elementov v njej, je možno videti precej podrobnosti, kar omogoča ravno natančnost LiDAR posnetkov.

2.1 Pretvorba oblakov točk v 3D modele in njihovo atributiranje

Uporaba in prikaz postaj oziroma njihovih elementov v VR in AR okolju je zahtevala njihov podroben prikaz in obliko, zato so bili oblaki točk pretvorjeni v ustrezne 3D modele, ki so bili primerni in so ustrezali zahtevam VR in AR okolja.

Cilj projekta VR znotraj DigiELES je bil optimizacija celotnega procesa priprave VR produktov in vključitev VR produktov v procese družbe. To neposredno omogoča dvig kompetenc zaposlenih, v prvi fazi prek izboljšanja poznavanja same infrastrukture, v nadaljevanju pa tudi prek optimizacije delovnih procesih na tej infrastrukturi, prek vpeljave šolanj in oddaljene pomoči.

Uporabniku prijazno spremljanje dejanskega stanja naprav je omogočeno prek povezave digitalnega dvojnika naprav v VR svetu s ključnimi podatki o dotičnih napravah v realnem svetu, ki se hranijo in obdelujejo v tehničnem informacijskem sistemu IBM Maximo (*IBM Maximo Application Suite*, 2024). Ta predstavlja bazo podatkov o vseh tehničnih podatkih sredstev družbe ELES. S povezavo te baze do VR in AR okolja ter atributiranjem izdelanih modelov so bili pridobljeni podatki o posameznih sredstvih znotraj virtualnega okolja. Tako je omogočena tudi kasnejša povezava teh sredstev z dejanskimi obratovalnimi podatki in njihov prikaz v digitalnem dvojniku v realnem ali skoraj realnem času. Primer uporabe tovrstnih podatkov je viden na sliki 2 (na naslednji strani), ki prikazuje pogled uporabnika znotraj VR aplikacije. Ta se nahaja v razdelilni postaji, kjer se s klikom na posamezen element odpre prikazno okno



Slika 2: Ponazoritev uporabnosti povezave tehničnega informacijskega sistema in virtualnega okolja s prikazom tehničnih podatkov posameznega elementa v virtualnem stikališču. (Vir: Projekt DigiELES, 2022)

z njegovimi najpomembnejšimi parametri. V tem primeru so med drugim prikazani podatki tripolnega ločilnika o letu izdelave, proizvajalcu, nazivnem in kratkostičnem toku ter tipu naprave. Tovrstne podatke aplikacija prikazuje za vsa sredstva v virtualnem okolju in tako omogoča ponazoritev njihovega dejanskega stanja.

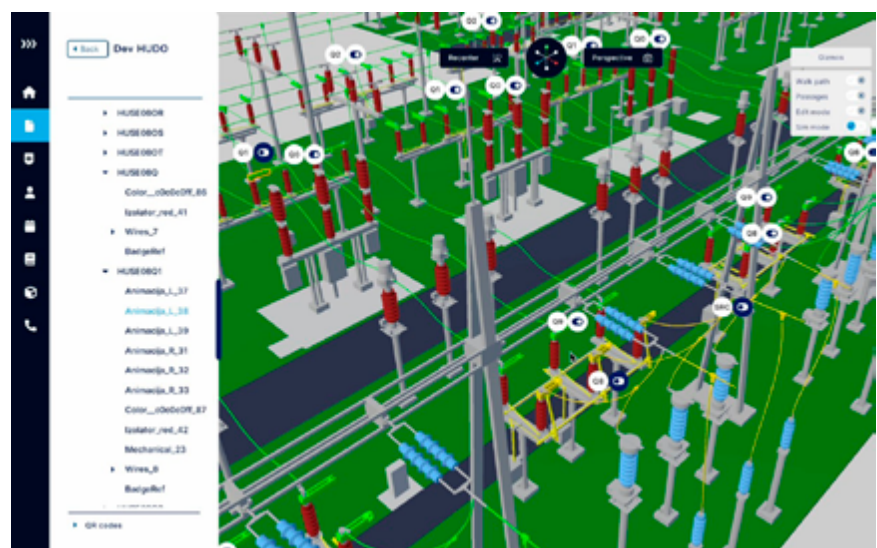
Znotraj projekta je bila zasnovana tudi namenska knjižnica modelov, ki bo predvidoma bistveno pihitila prihodnje razširitve VR okolja. Nadaljnji razvoj omenjene knjižnice gre v smeri omogočanja uvoza modelov, ki so predhodno izdelani ali prevzeti s strani proizvajalcev opreme. 3D modeli so sicer modelirani v standardni obliki za uporabo v CAD in drugih podobno dostopnih orodjih, s čimer je omogočena tudi uporaba zunaj okolja mešane resničnosti. Za v prihodnje je predviden tudi razvoj algoritma za samodejno prepoznavo oblik, ki bi pospešil in avtomatiziral izdelavo modelov na podlagi novih zajetih posnetkov.

2.2 Urejevalnik digitalnih dvojčkov

VR aplikacija služi kot osnova digitalnega dvojčka, ki v virtualnem okolju prikazuje dvojnik realnih fizičnih postaj, s čimer je omogočeno preizkušanje in preverjanje posameznih obratovalnih načinov postaje in njenih elementov na ne-

škodljiv in uporabniku ali sistemu nenevaren način. Za optimizacijo in urejanje posameznih scenarijev so bili izdelani in pregledani 3D modeli uvoženi v orodje za obdelavo vizualizacije. To je izdelano na osnovi Unity okolja (Unity Real-Time Development Platform, 2024) in ima primarno vlogo urejevalnika okolja mešane resničnosti, ki je viden na sliki 3. Znotraj njega je omogočeno urejanje in dopolnitev modelov ter priprava specifičnih simulacij za treninge terenskih delavcev na podlagi različnih scenarijev, s čimer je razvit digitalni dvojček široko uporaben in poizkuša ponazarjati kar se da enako delovanje kot njegov realni dvojnik.

Dodatna uporabnost procesa izdelave VR aplikacije je upoštevanje posameznih zahtev za uporabo enakega okolja in z njim razvitih 3D modelov tudi v okolju obogatene resničnosti. To okolje za razliko od virtualnega okolja znotraj iste platforme povezuje slednjega z resničnim. Na nek način so omogočene podobne funkcionalnosti v primerjavi z virtualnim okoljem, le da uporabnik opazuje realni svet z dodanimi virtualnimi pripomočki.



Slika 3: Primer pogleda v urejevalniku VR aplikacije. (Vir: Projekt DigiELES, 2022)

3 PRAKTIČNA UPORABNOST VR IN AR APLIKACIJE

Razviti VR in AR aplikaciji omogočata široko področje uporabnosti znotraj družbe ELES. Samo VR okolje je namreč odlično orodje za predstavitev in omogočen dostop do razdelilnih transformatorskih postaj zunanjim obiskovalcem, ki sicer zaradi varnostnih tveganj nimajo dostopa do dejanskih postaj. Z uporabo tovrstne tehnologije jim je omogočen podroben ogled postaj in njihovo upravljanje in izvajanje stikalnih manevrov, pri čemer ni nevarnosti za kakršn koli posledice v realnih sistemih. Medtem je za zaposlene v družbi tovrstna aplikacija predvsem pomembna za spremljanje stanja sredstev, saj ta na uporabniku prijazen način prikazuje ključne informacije o sredstvih, na podlagi katerih je omogočeno lažje sprejemanje nekaterih odločitev v procesu upravljanja s sredstvi. Predvidena vpeljava razvitih produktov v trenažni proces delavcev na podlagi različnih scenarijev osebjem z različnim predznanjem omogoča seznanitev z morebitnim novim okoljem in pripravo na izvedbo kompleksnejših manevrov.

Medtem ko se z uporabo navidezne resničnosti nahajamo v virtualnem okolju, nam obogatena resničnost služi kot sodoben pripomoček v realnem svetu. Ta deluje na principu izboljšane pogleda realnega okolja s pomočjo holografske tehnologije, ki realnim elementom doda napredne audio-vizualne prvine. Na nek način je realnemu svetu pripeta dodatna dimenzija, ki nam s pomočjo tehnologije zagotavlja informacije za lažje opravljanje specifičnih nalog. V primeru družbe ELES je področje uporabe obogatene resničnosti prav tako povezano z razdelilnimi transformatorskimi postajami, le da se jo v nasprotju z virtualno resničnostjo uporablja v fizičnih postajah. Z uporabo tovrstne tehnologije je terenskim delavcem



Slika 4: Očala za VR (levo) in AR (desno) tehnologije. (Vir: Diagnostično Analitski Center ELES, 2019)

omogočen dostop do nekaterih informacij naprav, ki so jim sicer skrite na terenu ali so vidne zgolj nekatere, ki so vezane na merilne sisteme. Obenem je omogočena tudi njihova komunikacija z operaterji. Ti jih lahko v določenih situacijah vodijo skozi postopek. Terenskim delavcem tehnologija s klikom na posamezne ikone okoli naprave prikaže vse aktualne podatke izbrane naprave. V primeru energetskega transformatorja so jim npr. na voljo podatki o stanju plinov v konzervatorju, obratovalni električni podatki, podatki o stanju olja v transformatorju in še mnogi drugi. Poleg samih tehničnih podatkov so znotraj AR aplikacije na voljo tudi informacije o opravljanju delovnih nalog oziroma procesov, s čimer so vse informacije zbrane znotraj ene naprave oziroma aplikacije. Obstaja tudi možnost vnosa samih podatkov ali opažanj, ki se v istem času prenesejo v namensko bazo. Tak način posledično precej manj obremeni izvajanje posameznih nalog in skrajša čas od začetka izvajanja procesov do zaključka in vpisov vseh povezanih informacij ter ugotovitev v sisteme upravljanja in njihove baze. Za vse to se potrebujejo zgolj primerne prikazovalne naprave za posamezno tehnologijo.

Poleg uvedbe VR in AR tehnologije za spremljanje stanja sredstev raz-

delilnih transformatorskih postaj je bil v sklopu istega projekta razvit podoben AR produkt, ki omogoča spremljanje skrite podzemne infrastrukture. Ta nam prek mobilnih naprav in njihovih kamer omogoča vpogled v lokacije in podatke kablovodov in ozemljitev daljnovidnih stebrov pod zemlino. Na ta način je spremljanje stanja sredstev in poznavanje njihovih lokacij v naravi bistveno poenostavljeno, kar pripomore k hitrejšemu in varnejšemu izvajanju procesov. Tovrstne informacije lahko namreč preprečijo tudi poškodbe med izvajanjem terenskih del in hkrati omogočajo hitrejši dostop do iskane infrastrukture

4 ZAKLJUČEK

Z razvojem naprednih digitalnih tehnologij je področje za upravljanje s sredstvi in projekti pridobilo nova orodja za obvladovanje procesov upravljanja s sredstvi in vzdrževanja. Vpeljava orodij mešane resničnosti v Elesu predstavlja nov način prikaza in zagotavljanja informacij uporabnikom, ki omogočajo boljše predvsem pa lažje poznavanje sredstev in njihovega stanja. Hkrati se prek gradnje digitalnih dvojnikov v 3D svetu, podprtih s premišljeno nameščenimi senzorji in napravami iz segmenta IoT v družbi vzpostavlja



Slika 5: Prikaz pogleda skrite infrastrukture v mobilni napravi. (Vir: Projekt DigiELES, 2022)

povsem nov segment upravljanja s sredstvi. Z dodatnimi poenostavitvami v procesu priprave modelov bo sam proces še bistveno učinkovitejši. Hkrati so vmesni produkti procesa priprave že danes uporabni tudi zunaj okolij mešane resničnosti, na primer v projektiranju (BIM) (*What Is BIM | Building Information Modeling*, 2024), v analitiki (Vegeline) (*VegeLine - Vegetation Management System*, 2023).

Trenutna VR aplikacija, razvijana znotraj projekta DigiELES, vključuje šest razdelilnih transformatorskih postaj. Omenjeni nabor se bo v prihodnosti razširil na ostale postaje. To je bilo upoštevano tudi v fazi razvoja, saj so modeli naprav shranjeni v razviti knjižnici in bodo lahko uporabljeni pri sprotnem dodajanju postaj in njihovih elementov. Na področju AR smo dodatno v sklopu projekta DigiELES razvili tudi ločen

namenski produkt za prikaz skrite podzemne infrastrukture.

Fokus opisanega projekta je bil predvsem poenostavitev izgradnje modela, s čimer bi se v prihodnosti pocenila izvedba. Vzporedno se je z uvedbo tovrstne tehnologije testiralo tudi dodatne funkcionalnosti, kot so urejevalnik modelov, prikaz metapodatkov in interakcija uporabnikov. Ker se je projekt sicer šele končal, primerjalna analiza celostne rešitve v primerjavi s preteklim stanjem še ni možna. To bomo lahko izvedli po celoviti uvedbi razvitih rešitev in njihovih nadgradenj v delovni proces.

V prihodnje je v načrtu nadaljevanje integracije razvitih produktov z obstoječimi informacijskimi sistemi družbe, izvedba dodatnih scenarijev, uporabnih tako v VR kot AR svetu ter celostno testiranje in integracija AR tehnologij v proces vzdrževanja. Omenjen cilj je skladen z usmeritvijo družbe Eles, katere aktivnosti sledijo modernim smernicam in se prilagajajo razvoju naprednih tehnologij.



IZJAVA

V prispevku predstavljene rešitve so bile razvite v okviru projekta DigiELES – Digitalna preobrazba verige vrednosti ELES z uvajanjem naprednih digitalnih tehnologij in odprtega inoviranja. Projekt je sofinanciran s sredstvi iz Načrta za okrevanje in odpornost (NOO) s sredstvi Evropske unije iz naslova Sklada za okrevanje in odpornost – NextGenerationEU. Sredstva so sodelujočim partnerjem zagotovljena znotraj javnega razpisa Digitalna preobrazba gospodarstva s strani Ministrstva za gospodarstvo, turizem in šport.

Jošt Osolin je študent magistrskega študijskega programa Elektrotehnika na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Kot štipendist družbe ELES je del ekipe Diagnostično-analitskega centra, kjer pripravlja magistrsko nalogo o analizi stanja odklopnikov, podprto s podatki zaščitnih relejev. Njegove naloge vključujejo podatkovno podporo, izvajanje analiz, pomoč pri projektih ter uvajanje naprednih tehnologij za upravljanje in vzdrževanje elektroenergetskih naprav.

Dr. Mitja Antončič je leta 2021 doktoriral na Fakulteti za elektrotehniko na Univerzi v Ljubljani, kjer je bil do istega leta zaposlen kot mladi raziskovalec v Laboratoriju za elektroenergetska omrežja in naprave. Leta 2021 se je zaposlil v družbi ELES. Tam je del Diagnostično-analitskega centra, ki deluje znotraj Področja za upravljanje s sredstvi in projekti. Njegove vsakodnevne naloge so osredotočene na analizo, manipulacijo in interpretacijo podatkov, razvoj namenskih algoritmov in vzpostavitev postopkov, ki omogočajo izvedbo napredne analitike na podlagi razpoložljivih tehničnih in obratovalnih podatkov v procesu upravljanja sredstev.

Miha Bečan je diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani leta 2007. Po začetku kariere kot raziskovalec na Elektroinštitutu Milan Vidmar, kjer je deloval na področju visokih napetosti in bil tudi asistent na fakulteti, se je leta 2019 pridružil družbi ELES kot del Diagnostično-analitskega centra. Njegovo delo vključuje podatkovno analitiko in iskanje dodane vrednosti za podporo upravljanja in vzdrževanja elektroenergetske opreme, sodelovanje pri standardizaciji in tipizaciji, uvajanje sodobnih tehnologij za ugotavljanje stanja sredstev ter uvajanje BIM pristopa v družbo. Je aktiven član nacionalnega združenja CIGRE-CIRED, mednarodnega združenja CIGRE, kjer je tudi nacionalni predstavnik v študijskem komiteju za nadzemne vode, ter vodi slovenski tehnični odbor SIST TC Izolatorji.

Vsi avtorji kot že omenjeno delujejo znotraj Diagnostično-analitskega centra. Center je stičišče masovnih podatkov, napredne analitike, tehničnih ekspertiz in dobrih inženirskih praks, ki jih podatkovni inženirji in znanstveniki pretvarjajo v sodobno upravljanje s sredstvi družbe ELES. Glavne naloge centra so analitična podpora upravljanju s sredstvi, analitična podpora nosilcem odločanja, posredovanje referenčnih podatkov, raziskave in razvoj in nenazadnje promocija osnovne dejavnosti družbe.

LITERATURA IN VIRI

- Diagnostično analitski center ELES.* (2019). DAC. <https://dac.eles.si/>
- ELES, operater kombiniranega prenosnega in distribucijskega elektroenergetskega omrežja.* (2024). <https://www.eles.si/>
- IBM Maximo Application Suite.* (2024, april 2). <https://www.ibm.com/products/maximo>
- Projekt DigiELES.* (2022, 10). ELES, d.o.o., sistemski operater prenosnega elektroenergetskega omrežja. <https://www.eles.si/medijsko-sredisce/porocila-za-javnost-in-obvestila/porocila-za-javnost/ArticleID/19638/Druzba-ELES-s-partnerji-za-projekt-DigiELES-prejela-vec-kot-dva-milijona-nepovratnih-sredstev>
- Unity Real-Time Development Platform.* (2024). <https://unity.com/>
- VegeLine—Vegetation Management System.* (2023). <https://renewables-grid.eu/activities/best-practices/database.html?detail=293&cHash=17a6f21f71c34c64dee38f7bd3f41a2>
- What Is BIM | Building Information Modeling.* (2024). <https://www.autodesk.com/solutions/aec/bim>