

NAPUŠTENI RUDNICI KAO GRAVITACIJSKE BATERIJE - SKLADIŠTA VIŠKA OBNOVLJIVE ENERGIJE / ABANDONED MINES AS GRAVITY BATTERIES – STORAGE SURPLUS OF RENEWABLE ENERGY

Doc.dr.sc. Kasim Bajramović¹, Irhad Bajramović², Irfan Bajramović²

¹IUT, Fakultet politehničkih nauka Travnik, Aleja Konzula – Meljanac bb, 72270 Travnik, BiH

²JP Elektroprivreda B i H d.d. – Sarajevo; Termoelektrana “Kakanj”, 72240 Kakanj, BiH

e-mail: kasimbajramovic@gmail.com, bajramovicirhadbajra@gmail.com,

bajramovicirfan95@gmail.com

Izvorni naučni rad

<https://www.doi.org/10.58952/zr20251401049>

UDK / UDC 621.311:622.3

Sažetak

Kako svijet postaje ekološki osvješteniji, fokus je na prelasku s fosilnih goriva na obnovljivu energiju. Energetske tranzicije koje se odvijaju diljem svijeta prvenstveno su potaknute integracijom obnovljivih izvora energije kao što su vjetar i solarna energija. Ovi varijabilni obnovljivi izvori energije zahtijevaju mogućnosti skladištenja energije kako bi pouzdano zadovoljili potražnju za energijom u različitim vremenskim razdobljima. Prema Međunarodnoj agenciji za obnovljivu energiju, 90 posto svjetske električne energije trebalo bi dolaziti iz obnovljivih izvora energije do 2050. godine. Sada su izvori poput Sunca i vjetra nedosljedni pa je pronalaženje inovativnih načina za pohranjivanje energije na pristupačan i učinkovit način ključno. Postoje učinkovita rješenja za svakodnevno skladištenje energije, poput baterija, ali nedostaje isplativo dugoročno rješenje. U novoj studiji pod vodstvom Međunarodnog instituta za primijenjenu analizu sistema, tim istraživača razvio je novi način skladištenja energije transportom pijeska u napuštene podzemne rudnike – gravitacijske baterije. Nova tehnika nazvana Underground Gravity Energy Storage (UGES), predlaže učinkovito dugoročno rješenje za pohranu energije koristeći sada napuštene rudnike, kojih ima u velikom broju diljem svijeta. "Rudnici već imaju osnovnu infrastrukturu i povezani su s električnom mrežom, što značajno smanjuje troškove i olakšava implementaciju UGES postrojenja".

Ključne riječi: obnovljiva energija, napušteni rudnici, gravitacijska baterija, skladištenje
JEL klasifikacija: Q,Q2, Q3, Q4 i Q5.

Abstract

As the world becomes more environmentally conscious, the focus is on transitioning from fossil fuels to renewable energy. The energy transitions taking place around the world are primarily driven by the integration of renewable energy sources such as wind and solar energy. These variable renewable energy sources require energy storage capabilities to reliably meet energy demand over different time periods. According to the International Renewable Energy Agency, 90 percent of the world's electricity should come from renewable energy sources by 2050. Now sources like solar and wind are inconsistent so finding innovative ways to store energy in an affordable and efficient way is crucial. There are effective solutions for everyday energy storage, such as batteries, but a cost-effective long-term solution is lacking. In a new study led by the International Institute for Applied Systems Analysis, a team of researchers developed a new way to store energy by transporting sand into abandoned underground mines – gravity batteries. The new technique, called Underground Gravity Energy Storage (UGES), proposes an efficient long-term energy storage solution using now-abandoned mines, which are abundant around the world. "The mines already have basic infrastructure and are connected to the electricity grid, which significantly reduces costs and facilitates the implementation of UGES plants."

Keywords: renewable energy, abandoned mines, gravity battery, storage
JEL classification: Q,Q2, Q3, Q4 i Q5.

UVOD

Ovaj rad istražuje potencijal korištenja skladištenja energije gravitacije kao nove tehnologije za rekonstrukciju napuštenih dubokih rudnika. Sistemi za skladištenje energije postaju sve važnija komponenta elektroenergetskog sistema zbog integracije promjenljivih obnovljivih izvora proizvodnje [1]. Očekuje se da će se ovo nastaviti kako se troškovi solarne i vjetro energije smanjuju, i sve zemlje imaju za cilj postizanje strožih ciljeva smanjenja emisija na putu ka dekarbonizaciji [2]. Sistemi za skladištenje energije prvenstveno nude vrijednost energetske sistemima tako što apsorbiraju energiju tokom perioda sa niskom potražnjom i ubrizgavaju energetske snagu tokom perioda sa velikom potražnjom. Sistemi za skladištenje mogu obavljati energetske arbitraže prodajom energije kada su veleprodajne cijene energije visoke i kupovinom energije kada su cijene niske [5]. Svijet se posljednjih desetljeća sve više preusmjerava s fosilnih goriva na obnovljive izvore električne energije koji ne proizvode štetne stakleničke plinove, kao što je iskorištavanje energije vjetra i sunca. Zahvaljujući razvoju naprednih tehnologija i strateško-politički uslovljenim skokovitim promjenama cijene fosilnih goriva, obnovljivi izvori energije se pokazuju i perspektivno jeftinijima. Međutim, jedan od najvećih nedostataka solarne energije i energije vjetra je to što su povremene, diskontinuirane: u vrijeme kada nema vjetra i sunca, izlazna snaga takvih elektrana može dramatično padati. S druge strane, dok su u punoj aktivnosti, vjetar i sunce nerijetko proizvode više energije nego što mreža može odmah iskoristiti, tako da elektroenergetske tvrtke upotrebljavaju razne akumulacijske 'trikove' za skladištenje neiskorištene energije, obično u velikim baterijama ili putem crpki koje pune akumulacijske sustave za dobivanje hidroenergije.

1. METODA SKLADIŠTENJA ENERGIJE U ZATVORENIM RUDNICIMA, UGES - GRAVITACIJSKA BATERIJA

Napušteni rudnici koji su povučeni iz upotrebe mogli bi ponuditi isplativo i dugoročno rješenje za skladištenje golemih količina električne energije, i to pomoću gravitacijskih baterija. Napušteni rudnici mogli bi biti ključ rješenja energetske krize, budući da bi se mogli prenamijeniti za skladištenje dovoljne količine električne energije za napajanje cijelog planeta.

Zašto baš rudnici? Underground Gravity Energy Storage - Gravitacijske baterije su prilično ekonomična rješenja za skladištenje viška obnovljive energije, ali su konstrukcijski zahtjevne: moraju imati dovoljno veliku visinu kako bi se postigao energetske dostatan kinetički učinak gravitacije. Kada se kaže 'dovoljna visina', govori se o stotinama metara visokim konstrukcijama, a poseban izazov predstavlja i pronalazak povoljnih lokacija za njihovu izgradnju. Kako su nekadašnji rudnici za sobom ostavili stotine metara duboka okna okomito ukopana u utrobu zemlje, istraživači su se dosjetili da bi takvi rudnici diljem svijeta mogli biti isplativo rješenje za konstrukciju infrastrukturnih pogona potrebnih za iskorištavanje gravitacijske energije.

U novoj studiji koju je proveo Međunarodni institut za analizu primijenjenih sistema (IIASA), istraživači su otkrili da bi napušteni rudnici koji su povučeni iz upotrebe mogli ponuditi isplativo i dugoročno rješenje za skladištenje golemih količina električne energije, i to pomoću gravitacijskih baterija.

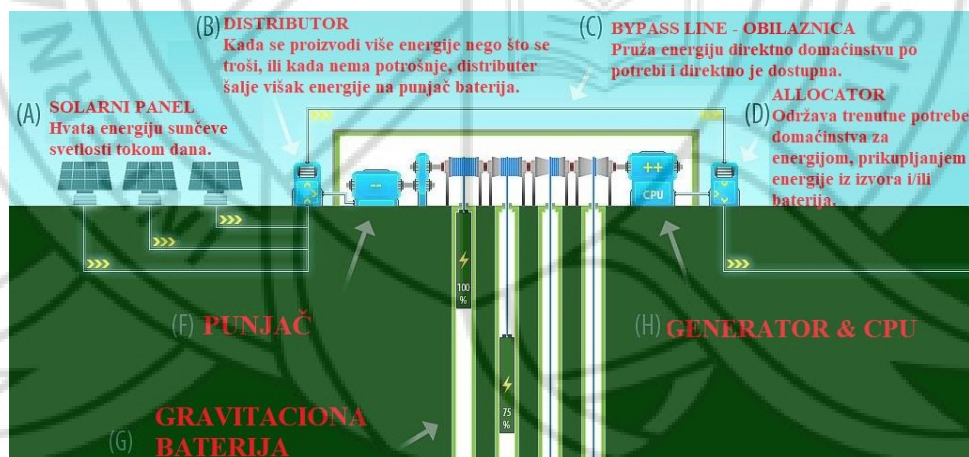
Underground Gravity Energy Storage - Gravitacijska baterija je vrsta uređaja za skladištenje električne energije. U njoj se pohranjuje energija koja proizlazi iz promjene visine objekta. Funkcionira tako što višak energije iz energetske mreže koristi za podizanje određene mase u visinu, iznad 'nulte energetske razine'. Kada se s visine potom ta masa pusti u slobodan pad (uzrokovan djelovanjem gravitacijske sile koja masi daje ubrzanje), potencijalna se energija pretvara u kinetičku, tj. mehaničku energiju za pokretanje generatora, čija je svrha konvertiranje mehaničke energije u električnu.

Najčešća gravitacijska baterija koristi se u pumpno-akumulacijskim hidroelektranama, u kojima se za pohranu energije voda pumpa na više nadmorske visine u akumulacijske spremnike, a za proizvodnju električne energije se ispušta slobodnim padom kroz vodene turbine.

Studija sugerira da bi se napušteni rudnici mogli prenamijeniti u energetske-ekonomski vrlo isplative pogone za iskorištavanje koncepta gravitacijskih baterija. Izračunali su da korištenje tehnologije gravitacijskih baterija u ovim rudnicima može pomoći u pohranjivanju procijenjenog potencijala do 70 teravatsati (TWh), što je ekvivalent dnevnoj potrošnji električne energije u cijelom svijetu.

Teoretski, gravitacijske baterije mogu koristiti bilo koji materijal s velikom težinom, poput vode ili čvrstih predmeta. U toku studije koju je u napuštenim rudarskim oknima provela IIASA korišten je pijesak u velikim spremnicima. Pomoću viška neiskorištene energije dobivene iz solarne elektrane, elektromotori su vitlima podigli veću količinu pijeska u gornje razine rudarskog okna, a kada je električna energija bila ponovno potrebna, uteg ispunjen pijeskom se spuštao u dubinu okna, pri čemu je slobodnim padom povlačio sajlu, pokrećući turbinu koja je kinetičku energiju gravitacije pretvarala u električnu, ponašajući se poput ogromnog satnog utega koji svojom težinom i postupnim 'padom' pokreće mehanizam u zidnom satu, samo sa neusporedivo većim energetske potencijalom.

IIASA predlaže korištenje napuštenih rudnika jer ih diljem planeta ima na stotine hiljada, a moglo bi ih se relativno jeftino prenamijeniti u tu svrhu: većina rudnika već posjeduje potrebnu visinu (dubinu) za iskorištavanje slobodnog pada, a sadrže i osnovnu infrastrukturu, te su već spojeni na električnu mrežu. Autori studije računaju da bi nakon otprilike 10 dolara investicijskog troška po kilovatsatu njihova metoda, primijenjena na većinu dostupnih napuštenih rudarskih okana u svijetu, mogla imati ukupni potencijal od oko 70 teravatsati dnevno. A prema Međunarodnom energetske udruženju, u 2020. (posljednjoj godini za koju su dostupni podaci) globalna je potrošnja energije iznosila ukupno 24.901 teravat-sati godišnje, što iznosi oko 68 teravatsati dnevno. Ako bi se gravitacijske baterije postavile po starim rudnicima u cijelom svijetu, mogle bi zadovoljiti cjelokupne energetske potrebe naše civilizacije.



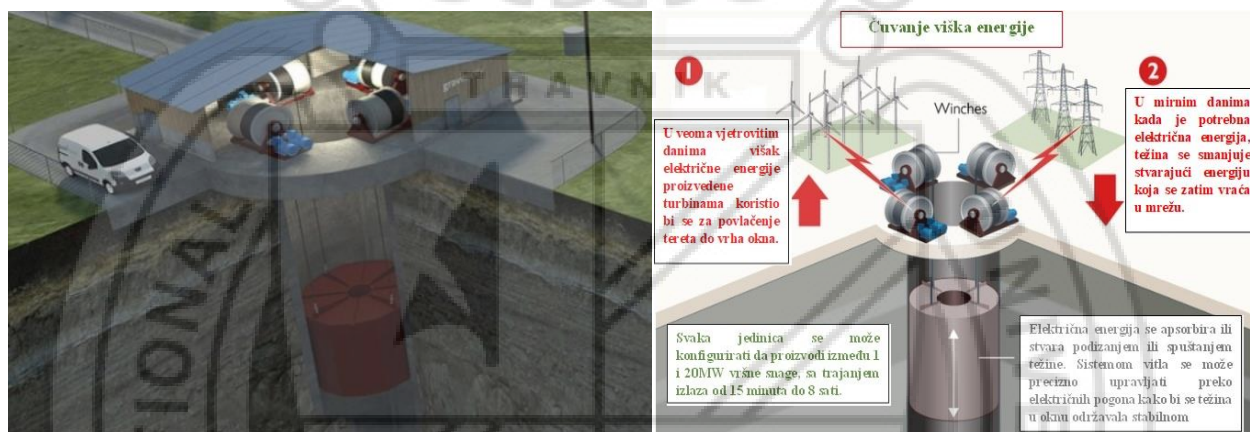
Slika 1: Gravitacijska baterija (Izvor: <https://www.bug.hr/tehnologije/napusteni-rudnici-postaju-baterije-u-koje-se-moze-pohraniti-energije-za-31361>) [10]

Nova škotska kompanija Gravitricity osmislila je inovativni način pohrane energije pomoću gravitacije, i to preko cilindričnog utega od 3000 t koji visi u napuštenom rudarskom oknu. Za razliku od baterija, ovakav sistem pohrane energije može raditi desetljećima (i do 50 godina) bez ikakve degradacije ili smanjenja učinkovitosti. Isto tako, inovacija ima manje troškove od litij-ionskih baterija, a učinkovitost mu je između 80 % – 90 %. Kapacitet sistema je između 1 – 20 MW, a može raditi od 15 minuta do 8 sati.

Novo rješenje bi omogućilo pohranu energije iz obnovljivih izvora u razdobljima kada se proizvodi previše energije. U tom slučaju, uteg se preko kabla i vitla podiže prema vrhu okna i sistem je spreman da proizvede energiju. U razdobljima velike potražnje, uteg se može u sekundama otpustiti sintetičkim kablovima preko vitla koja služe kao generatori. Sistem nudi opciju proizvodnje velikih količina energije u kratkom roku (uteg se brže spušta) ili sporija proizvodnja, koja zatim napaja elektroenergetsku mrežu s 33 kV. Novo rješenje bi moglo oživit bivše rudarske zajednice, stvoriti nova radna mjesta i razviti privredu [9].

2. OSNOVNI PRINCIPI RADA GRAVITACIONE BATERIJE

Gravitacione baterije rade na jednostavnom konceptu: kada je višak energije dostupan, pokreće mehanizam (kao što je vitlo ili dizalica) koji podiže tešku težinu na viši položaj. Pohranjena potencijalna energija se zatim ponovo pretvara u električnu energiju postupnim spuštanjem težine, što pokreće generator. Ovaj proces omogućava skladištenje energije i kontrolisano oslobađanje kada je potrebno, čineći gravitacione baterije veoma korisnim za stabilnost mreže i integraciju obnovljive energije.



Slika 2: Čuvanje viška energije (Izvor: <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-clanci/energijske-tehnologije/item/972-gravitacijska-baterija-gravitricity.html>) [9]

Ključne komponente gravitacijske baterije

Gravitaciona baterija se sastoji od:

- Sistem vitla – Podiže i spušta težinu koristeći višak električne energije.
- Teška masa (težinska baterija) – Može se napraviti od betonskih blokova, čelika ili drugih gustih materijala.
- Generator – Pretvara kinetičku energiju iz silazne težine u električnu.
- Potporna struktura – Uključuje dizalice, vertikalne osovine ili sisteme šina za efikasno držanje i pomjeranje težine.

Primarne komponente UGES-a su okno, generator, gornja i donja skladišta te rudarska oprema. UGES generira električnu energiju kada je cijena visoka spuštanjem pijeska u podzemni rudnik. Potencijalna energija pijeska zatim se pretvara u električnu putem regenerativnog kočenja. Zatim se pijesak podiže iz rudnika u gornji rezervoar uz pomoć elektromotora za skladištenje energije kada je električna energija jeftina. Što je rudarsko okno dublje i šire, to se više energije može izvući iz postrojenja, a što je veći rudnik, to je veći kapacitet skladištenja energije postrojenja, prema ispuštanju. Neki dizajni gravitacionih baterija, kao što su oni od Energy Vault-a, koriste sistem kranom naslaganih betonskim blokovima, dok drugi, poput Gravitricitya, koriste duboka rudnička okna za efikasno podizanje i spuštanje težine. Ovi dizajni osiguravaju efikasno dugotrajno skladištenje energije uz minimalne potrebe održavanja.

Poređenje sa hemijskim baterijama

Gravitacijske baterije nude nekoliko prednosti u odnosu na tradicionalne litijum-jonske i olovno-kiselinske baterije:

- Trajnost: Sistemi zasnovani na gravitaciji mogu raditi decenijama (potencijalno 50+ godina) uz minimalnu degradaciju, dok litijum-jonske baterije obično degradiraju nakon 10-20 godina.
- Efikasnost: Neki gravitacioni sistemi, poput onih od Energy Vault-a, postižu efikasnost od oko 85% - usoredivo sa litijum-jonskim baterijama (90%) i superiornije u odnosu na pumpno skladište (70-80%).
- Ekološka prihvatljivost: Za razliku od hemijskih baterija, gravitacione baterije se ne oslanjaju na rijetke ili toksične materijale, što ih čini održivijima.
- Skalabilnost: Dok se hemijske baterije mogu rasporediti bilo gdje, gravitacione baterije zahtevaju značajnu infrastrukturu, kao što su kranovi, tornjevi ili duboka okna rudnika, što ih čini pogodnijim za skladištenje velikih razmjera, a ne za prenosne aplikacije.

Prednost gravitacijskog procesa pohrane energije je u tome što se klasične akumulatorske baterije s vremenom prazne, gube kapacitet, postupno gubeći i pohranjenu energiju. A kako gravitacijska metoda pohranjuje energiju u vodu ili pijesak ili kamenje (ili bilo što drugo što se podiže uvis kako bi se iskoristila gravitacija), potencijalna energija masivnog objekta podignutog u visinu se ne prazni, nego traje vječno.

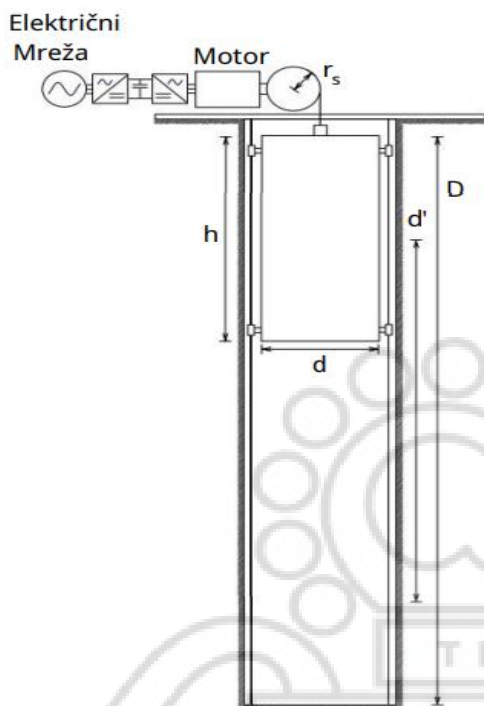
„Kad se rudnik zatvori, otpušta se hiljade radnika. To uništava lokalne zajednice koje se svoju ekonomsku egzistenciju oslanjaju na rudnike. Gravitacijske baterije bi u svojim pogonima mogle ponovo otvoriti radna mjesta za te ljude“.

Predviđanja za gravitacione baterije na globalnom energetsom tržištu

Brz porast prijava patenata za gravitacione baterije – koji se popeo sa 40 patenata u 2019. na preko 320 u 2024. – ukazuje na rastuće interesovanje i ulaganja u ovu tehnologiju. S obzirom da Kina prednjači u razvoju patenata, a kompanije poput Energy Vault i Gravitricity osiguravaju komercijalne poslove, skladištenje energije gravitacije je spremno za značajnu ulogu u tranziciji na održivu energiju. Iako možda neće u potpunosti zamijeniti litijum-jonske baterije, gravitacijske baterije nude rješenje za pohranu, koje nije potrebno za održavanje, a koje bi moglo nadopuniti postojeće tehnologije u nastojanju za 'budućnost bez energije'.

3. KAKO RADI I ŠTA JE GRAVITACIJSKA BATERIJA?

Underground Gravity Energy Storage - Gravitacijska baterija je inovativni sistem pohrane energije koji temelji svoj rad na principu gravitacije. Ovaj sistem efikasno koristi teške mase, poput utega, za pohranu i oslobađanje električne energije prema potrebi. Proces funkcioniše na način da se, kada postoji višak električne energije, teške mase podižu prema gore uz trošenje električne energije, čime se potencijalna energija masa pohranjuje u visini. Kada je potrebno osloboditi pohranjenu energiju, teške mase puštaju se da slobodno padnu prema dolje, a taj pad mase pokreće generator, pretvarajući potencijalnu energiju u električnu energiju. Sistem gravitacijske energije mogao bi pohraniti 2 MW snage i integrirati se u lokalnu energetska mrežu.



Slika 3: Šematski prikaz pohranjivanja energije gravitacije.

$h \rightarrow$ je visina obješene težine,

$d \rightarrow$ je prečnik obješene težine - tereta,

$D \rightarrow$ je dubina okna,

$d' = D - h$

$d' \rightarrow$ je korisna dubina za skladištenje energije,

$r_s \rightarrow$ je radijus vučne osovine.

(Izvor: Gravitricity Energy Storage System May Offer Lower Cost of Energy Storage than Batteries or Other Alternatives,)

Također se koriste liftovi, oni bi bili u postojećim napuštenim rudničkim oknima, i oni bi podizali i spuštali kontejnere pune pijeska. Serija elektromotornih/generatorskih jedinica sa obje strane okna bi pomjerala svaki lift gore-dole, generišući električnu energiju putem regenerativnog kočenja na putu dole, a zatim koristeći dio te struje na putu nazad. Za maksimalnu efikasnost, liftovi bi mogli da preuzmu opterećenje pijeskom na površini, da to opterećenje uklone na dnu okna, a zatim da se vrate prazni na površinu. Nepotrebno je reći da bi se skladište na dnu okna na kraju napunilo pjeskom u ovom scenariju. Iz tog razloga, kada je bio višak energije u mreži, liftovi bi morali da donesu dio pijeska na vrh. Kombinacija električnih transportnih traka i kipera bi se koristila za utovar i istovar. Naučnici procjenjuju da bi UGES mogao da ima globalni potencijal za skladištenje energije od 7 do 70 teravat časova (TWh), pri čemu se većina postrojenja nalazi u zemljama u kojima već postoji mnogo napuštenih rudnika, kao što su Kina, Indija, Rusija, Sjedinjene Američke Države...

Istraživači u Austiji su osmislili da višak obnovljive energije mogu uskladištiti kao potencijalnu energiju, tako što će se koristiti za podizanje nečeg teškog na višu tačku. Ta energija se zatim može osloboditi upotrebom gravitacije za pokretanje neke vrste generatora. Istraživači sa Međunarodnog instituta za primijenjenu sistemsku analizu (IIASA) u Beču, Austrija, sagledali su visinu i lokaciju nebodera i vidjeli ogromnu količinu unapred izgrađenih skladišta energije koja kao da čeka da bude otključana. Mnogi sistemi liftova u visokim zgradama su dizajnirani sa regenerativnim kočionim sistemima koji mogu sakupljati energiju dok se lift spušta, tako da se na njih efektivno može gledati kao na unaprijed instalirane generatore energije. Lift Energy Storage System (LEST) upotrebljavao bi postojeće sisteme liftova, kao i prazne prostore u cijeloj zgradi, naročito one blizu vrha i dna. Zato bi bilo jeftino da se ovaj sistem naknadno ugradi u zgradu, u poređenju sa izgradnjom namjenskog sistema gravitacionih baterija bilo gdje drugdje.

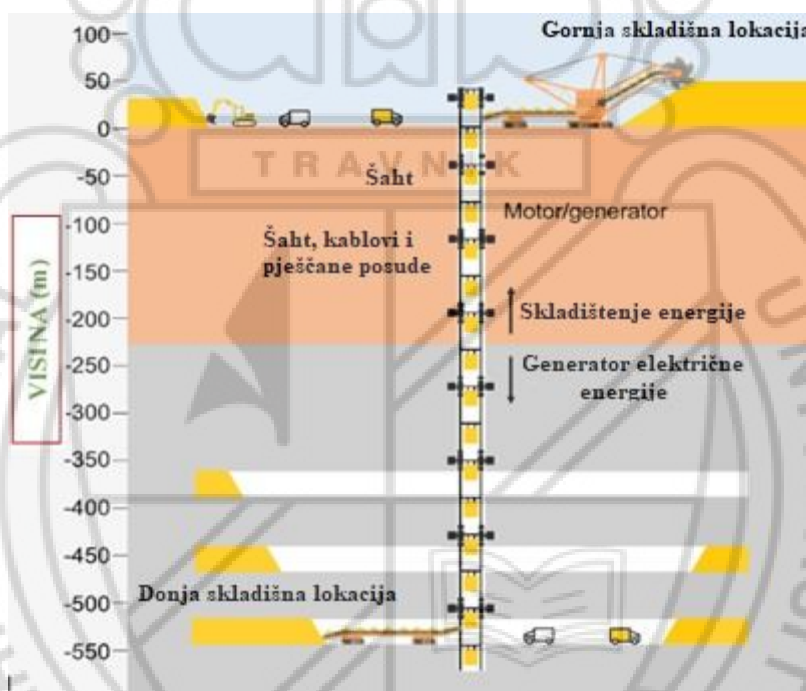
LEST bi koristio svaki zastoj lifta za pomjeranje teških predmeta – poput velikih kontejnera s vlažnim pijeskom – sa dna zgrade na vrh, kada je višak obnovljive energije dostupan, odnosno od vrha do dna, kada se ta energija može iskoristiti ili prodati nazad u električnu mrežu.

Istraživači smatraju da je za ovakav sistem potrebno napraviti seriju autonomnih robota koji bi unosili i iznosili tegove iz liftova. Oni se mogu čuvati duž hodnika, u praznim stanovima i kancelarijama ili u namjenskim prostorijama ako se zgrada planira imajući u vidu ovaj sistem.

Za to bi mogao poslužiti i rezervni polusprat pri vrhu ili dnu zgrade, jer ne bi bilo potrebno da ima dovoljno visok plafon da bi ljudi mogli da hodaju okolo.

U studiji objavljenoj u časopisu Energy, istraživači navode da najsavremeniji sinhroni pametni liftovi sa trajnim magnetima i motorima mogu da rade sa efikasnošću od blizu 92 procenta, kada su liftovi potpuno napunjeni i podešeni da se spuštaju optimalnom brzinom za proizvodnju energije. Ako su velike količine energije potrebne brzo, liftovi se mogu podesiti da se spuštaju brže, uz smanjenje efikasnosti. Ovaj sistem bi mogao postati još efikasniji kada je uparen sa sistemom magnetnog lifta bez kablova.

Postoji mnogo drugih tehnologija za skladištenje energije na nivou mreže koje su u razvoju, ali LEST ima neke jedinstvene karakteristike. Ono što je najbitnije, nalazi se usred gradova koje opslužuje, koristeći postojeća svojstva najviše infrastrukture poznate čovjeku, što u velikoj mjeri smanjuje ulaganja. Potrebno je samo osigurati robote i tegove, programirati lift i posao je završen.



Slika 4. Podzemni sistem gravitacionog skladištenja energije: šema različitih dijelova sistema (Izvor: autor)

ZAKLJUČAK

Gravitacijske baterije predstavljaju održivo rješenje za pohranu energije za primjene u mreži i potencijalno za kućnu upotrebu kako tehnologija napreduje. Oni nude dugotrajnu, efikasnu alternativu hemijskim baterijama, posebno za skladištenje obnovljive energije i aplikacije za napajanje van mreže. Ključne prednosti: isplativost, dugovječnost i održivost. Gravitacijske baterije nude nekoliko prednosti u odnosu na skladištenje na bazi kemikalija: Nisko održavanje, za razliku od litijum-jonskih baterija, gravitacione baterije se ne degradiraju tokom vremena i mogu trajati decenijama uz minimalno održavanje. Održivost, ne oslanjaju se na rijetke metale poput litija ili kobalta, što ih čini ekološki prihvatljivom alternativom. Isplativost, jednom instalirane, gravitacione baterije imaju niže operativne troškove u poređenju sa hemijskim baterijama.

LITERATURA

- [1] X. Luo, J. Wang, M. Dooner, J. Clarke, Pregled trenutnog razvoja u tehnologijama skladištenja električne energije i potencijalu primjene u radu elektroenergetskog sistema, *Primijenjena energija* 137 (2015) str. 511-536.
- [2] WF Pickard, Masivno skladište električne energije za razvijenu ekonomiju deset milijardi ljudi, *IEEE Access* 3 (2015) str.1392-1407.
- [3] A. Mohd, E. Ortjohann, A. Schmelter, N. Hamšić, D. Morton, Izazovi u integraciji distribuiranih sistema za skladištenje energije u buduću pametnu mrežu, *IEEE međunarodni simpozijum o industrijskoj elektronici*, 2008, str. 1627-1632.
- [4] Gravitricity Energy Storage System May Offer Lower Cost of Energy Storage than Batteries or Other Alternatives, Tech. rep., Storage Lab, (pristup 18.03.2025. god). URL <https://www.storage-lab.com>
- [5] S. Vazquez, SM Lukić, E. Galvan, LG Franquelo, JM Carrasco, Sistemi skladištenja energije za transportne i mrežne aplikacije, *IEEE Trans-akcije na industrijskoj elektronici* 57 (12) (2010) str. 3881-3895.
- [6] T. Morstyn, M. Chilcott, Malcolm D. McCulloch, Gravity energy storage with suspended weights for abandoned mine shafts (mart 2025) str. 201-206.
- [7] S. Rehman, LM Al-Hadhrami, MM Alam, Pumpani sistem za skladištenje hidroenergije: tehnološki pregled, *Obnovljiva i održiva energija Prikazi* 44 (2015) str. 586-598.
- [8] <https://evolutionoftheprogress.com/gravity-battery/> (pristup 18.03.2025. god)
- [9] <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-clanci/energijske-tehnologije/item/972-gravitacijska-baterija-gravitricity.html> (pristup 18.03.2025. god)
- [10] <https://www.bug.hr/tehnologije/napusteni-rudnici-postaju-baterije-u-koje-se-moze-pohraniti-energije-za-31361> (pristup 16.03.2025. god)